

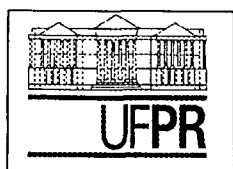
DIRK CLAUDIO AHRENS

TEMPERATURAS LIMITE PARA SECAGEM DE SEMENTES DE AVEIA BRANCA

Tese apresentada para a Universidade Federal do Paraná, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciências, do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de Concentração em Produção Vegetal, vinculado ao Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo.

Orientadores: Prof. Dr. Luiz Doni Filho
Prof. Dr. Francisco Amaral Villela

CURITIBA
2000



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E FITOSSANITARISMO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
PRODUÇÃO VEGETAL

PARECER

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, reuniram-se para realizar a arguição da Tese de DOUTORADO, apresentada pelo candidato **DIRK CLAUDIO AHRENS**, sob o título "**Temperaturas Limite para Secagem de Sementes de Aveia Branca**", para obtenção do grau de Doutor em Ciências do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato são de parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Tese.

Curitiba, 25 de fevereiro de 2000.

Professor Dr. Claudio Cavarani
Primeiro Examinador

Dr. Pedro Moreira
Segundo Examinador

Professor Dr. Pedro Ronzelli Júnior
Terceiro Examinador

Professor Dr. Francisco Amaral Villela
Quarto Examinador

Professor Dr. Luiz Doni Filho
Presidente da Banca e Orientador

*A Selma, minha esposa amada,
Claudia e Rudy, meus filhos queridos,
pela união, amor, compreensão, ajuda,
incentivo, paciência e companheirismo.*

OFEREÇO e DEDICO

AGRADECIMENTOS

Aos professores Luiz Doni Filho e Francisco Amaral Villela, pelo companheirismo, amizade, orientação técnica, profissional e pessoal.

Aos professores Maria Elizabete Doni, Valdo José Cavallet e Lilian de Bruns Guenther, pelas contribuições, amizade e ajuda no amadurecimento.

Aos colegas José Alfredo Batista dos Santos, Antônio Carlos Campos, Palmira Cruz Cappelletti, Aldo Luiz Figueiredo, Aurélio Vinícius Borsato, Waldecy Alves de Miranda, José Laskosk Neto, Dácio Benassi, Ranieri Nogueira, Márcio Siqueira, Vicente Parabocz, Edinilson Pereira Gomes, Carlos Frederico de Oliveira, Elir de Almeida, Valdir Guirino e Roger Milléo, pelo auxílio na instalação e condução dos experimentos.

Aos amigos Divania de Lima e Pedro Moreira da Silva Filho pelas contribuições, amizade e grande apoio prestado.

À Clicéia Maria Ferreira de Oliveira, Marcos Ribas Milléo, Giselda Maia Rêgo, José Carlos Sguario Júnior, José Augusto Teixeira de Freitas Pichet, Maria Helena Elias Valentini, Áurea Kamikoga, amigos de tantas idas e vindas.

À Sandra Mara Tamaki, Eliane Mendes, Ademirval Ravelli e Laerte Emrich, da Indústria SL Alimentos, pelo auxílio nos testes laboratoriais.

Aos companheiros Ricardo Trippia dos Guimarães Peixoto e Francisco Skóra Neto pela ajuda na confecção dos abstracts.

Ao Instituto Agrônômico do Paraná, representado por Florindo Dalberto, Bady Curi e Giovani Luiz Thomaz e ao Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo em Agronomia – Produção Vegetal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, representado por Amir Pissaia, pela oportunidade da realização do Curso de Doutorado.

À Inês Yada e José Carlos Gomes pelas orientações nas análises estatísticas.

À Jacqueline Buratto, Séphora Cordeiro, Elizeu Wosniak, Dirce de Leite, Sônia Pósniak, pela colaboração na obtenção das bibliografias.

Aos funcionários administrativos do IAPAR Nilcéia dos Santos, Marcos Stancik, Jorge Luiz Silvestre, Miguel Kobilack e Silvio Hass, pelo apoio prestado.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	<i>iii</i>
LISTA DE TABELAS.....	<i>v</i>
LISTA DE FIGURAS.....	<i>vii</i>
RESUMO GERAL.....	01
GENERAL ABSTRACT.....	02
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	03
2 SECAGEM ESTACIONÁRIA DE SEMENTES DE AVEIA BRANCA EMPREGANDO DIFERENTES TEMPERATURAS DO AR.....	07
2.1 RESUMO.....	07
2.2 ABSTRACT.....	08
2.3 INTRODUÇÃO.....	08
2.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	10
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
2.6 CONCLUSÕES.....	15
2.7 REFERÊNCIAS.....	15
3 QUALIDADES FISIOLÓGICA DA SEMENTE E INDUSTRIAL DE AVEIA BRANCA NA SECAGEM INTERMITENTE.....	18
3.1 RESUMO.....	18
3.2 ABSTRACT.....	19
3.3 INTRODUÇÃO.....	20
3.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
3.6 CONCLUSÕES.....	31
3.7 REFERÊNCIAS.....	31
4 ALTAS TEMPERATURAS INICIAIS NA SECAGEM INTERMITENTE DE SEMENTES DE AVEIA BRANCA.....	34
4.1 RESUMO.....	34
4.2 ABSTRACT.....	35
4.3 INTRODUÇÃO.....	35
4.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	37
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
4.6 CONCLUSÕES.....	46
4.7 REFERÊNCIAS.....	46
5 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	49

LISTA DE TABELAS

1.1	Dados médios do tempo de secagem e de germinação de sementes de aveia branca submetidas a diferentes temperaturas de secagem, logo depois da secagem (E0) e após seis meses de armazenamento (E1).....	12
1.2	Dados médios de classificação do vigor da plântula (%) e de envelhecimento artificial (%) de sementes de aveia branca submetidas a diferentes temperaturas de secagem, logo depois da secagem (E0) e após seis meses de armazenamento (E1).....	14
1.3	Dados médios de emergência das plântulas em campo (%) e do índice de velocidade da emergência das plântulas, de sementes de aveia branca submetidas a diferentes temperaturas de secagem, logo depois da secagem (E0) e após seis meses de armazenamento (E1).....	15
2.1	Indicação dos momentos de amostragens realizadas para determinação do teor de água, temperatura das sementes e das qualidades fisiológica e industrial das sementes de aveia branca, durante o processo de secagem.....	24
2.2	Temperaturas do ar de secagem e da massa de sementes de aveia branca, e teores de água (U) durante a secagem intermitente.....	26
2.3	Qualidade industrial (rendimento, percentual de quebrados e não descascados) de grãos de aveia branca submetidos à secagem intermitente.....	28
2.4	Dados médios de germinação de sementes de aveia branca submetidas à secagem intermitente, logo depois da secagem (E0) e após seis meses de armazenamento (E1).....	29
2.5	Dados médios de classificação do vigor da plântula (%) e de envelhecimento artificial (%), de sementes de aveia branca submetidas à secagem intermitente, logo após a secagem (E0) e aos seis meses de armazenamento (E1).....	29
2.6	Dados médios da emergência das plântulas em campo (%) e do índice de velocidade da emergência das plântulas, de sementes de aveia branca submetidas à secagem intermitente, imediatamente após a secagem (E0) e aos seis meses de armazenamento (E1).....	30

3.1	Temperaturas do ar de secagem e da massa de sementes de aveia branca, e teores de água (U) durante a secagem intermitente.....	41
3.2	Qualidade industrial (rendimento, percentual de quebrados e não descascados) de grãos de aveia branca, submetidos à secagem intermitente.....	43
3.3	Dados médios de germinação de sementes de aveia branca submetidas à secagem intermitente, imediatamente após a secagem (E0) e aos seis meses de armazenamento (E1).....	43
3.4	Dados médios da classificação do vigor da plântula (%) e de envelhecimento artificial (%) de sementes de aveia branca submetidas à secagem intermitente, após a secagem (E0) e aos seis meses de armazenamento (E1).....	44
3.5	Dados médios da emergência das plântulas em campo (%) e do índice de velocidade da emergência das plântulas, de sementes de aveia branca submetidas à secagem intermitente, imediatamente a secagem (E0) e após seis meses de armazenamento (E1).....	45

LISTA DE FIGURAS

1.1	Esquema do secador intermitente e dos pontos de amostragem.....	23
1.2	Curvas representando o comportamento do teor de água (Y_u) e das temperaturas da massa (Y_t) de sementes de aveia branca, em função do tempo, na secagem intermitente.....	27
2.1	Esquema do secador intermitente e dos pontos de amostragem.....	38
2.2	Curvas representando o comportamento do teor de água (Y_u) e das temperaturas da massa (Y_t) de sementes de aveia branca, em função do tempo, na secagem intermitente.....	42

RESUMO GERAL

TEMPERATURAS LIMITE PARA SECAGEM DE SEMENTES DE AVEIA BRANCA

A aveia branca vem sendo procurada como opção para a semeadura de inverno, havendo demanda por sementes. Por outro lado, as informações técnico-científicas são reduzidas, particularmente, em relação à operação de secagem. Assim, o objetivo desta pesquisa foi estudar a sensibilidade das sementes de aveia branca em relação às altas temperaturas de secagem e verificar o comportamento da velocidade de perda de água na secagem artificial. Para tanto, foram conduzidos três experimentos, no Instituto Agrônomo do Paraná, Ponta Grossa – PR. Em outubro de 1997, o experimento 1 foi estabelecido em estufa procurando avaliar a máxima temperatura de secagem suportável pelas sementes de aveia branca UFRGS 14, sem prejudicar a qualidade fisiológica. Em novembro de 1997, foram conduzidos os experimentos 2 e 3, em um secador comercial, a partir dos resultados preliminares de temperaturas limites obtidos no experimento 1. No experimento 2 foram empregadas temperaturas do ar de secagem, inicialmente baixas e depois crescentes, que deveriam permitir a secagem mais rápida das sementes sem afetar a qualidade fisiológica. No experimento 3 a secagem das sementes foi iniciada com temperaturas elevadas no ar de secagem. Nos três experimentos, o teor de água das sementes foi monitorado pelo método da estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ durante a operação de secagem. A qualidade industrial da aveia branca foi determinada pelo rendimento industrial, pelo percentual de grãos descascados e quebrados, logo após a secagem. A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada pelos testes de germinação, classificação do vigor da plântula, envelhecimento artificial, velocidade de emergência das plântulas e percentagem de emergência em campo, imediatamente após a secagem e aos seis meses de armazenamento (danos latentes). As conclusões foram as seguintes: a temperatura máxima da secagem estacionária, sem ventilação forçada de ar, para sementes de aveia branca é de 55°C ; o vigor das sementes de aveia branca é prejudicado por temperaturas superiores a 55°C , embora a germinação não sofra prejuízos na secagem, mesmo com temperaturas de até 67°C ; temperaturas de até 80°C no ar de secagem não influenciam de forma imediata as qualidades fisiológica e industrial de sementes de aveia branca; na secagem intermitente a curva de secagem de sementes de aveia branca é representada por uma equação de primeiro grau; temperaturas do ar de até 80°C no início da secagem não afetam a germinação das sementes e a qualidade industrial de aveia branca imediatamente após a secagem, mas proporcionam danos latentes à sua qualidade fisiológica.

GENERAL ABSTRACT

TEMPERATURES LIMIT FOR WHITE OAT SEED DRYING

The white oats come being sought as option for the winter sowing, having demand for seeds. On the other hand, the technician-scientific informations are reduced, particularly, in relation to the drying operation. Like this the objective were to study the white oat seeds sensibility in relation to the high drying temperatures and to verify the water loss rate in the artificial drying. Three experiments were conducted in the Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Ponta Grossa – PR, Brazil. In October of 1997 the experiment 1 was established in oven to evaluate the maximum drying temperature for the white oat seeds, cultivar UFRGS 14, without harming the physiological quality. In November of 1997, the experiments 2 and 3 were driven in a commercial dryer, starting from the preliminaries temperatures limits results obtained in the experiment 1. In the experiment 2, the air-drying temperatures were initially low and increasing later, that should allow the fastest seeds drying without affecting the physiological quality. In the experiment 3 the seed drying started with elevated high air temperatures. In all experiments, the seed water content was determined during the drying operation by $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ oven method. The white oat industrial quality was determined by the industrial performance, unshelled and broken grains, soon after the drying. The seed physiological quality was evaluated by the germination, seedling vigor classification, accelerated aging, speed and field emergency tests, immediately after the drying and six months of storage (latent damages). The conclusions were: the maximum stationary air drying temperature, without forced of air ventilation, is 55°C for white oat seeds; the white oat seeds vigor is affected by superior temperatures for 55°C , although the germination doesn't suffer damages in the drying, even with higher temperatures; temperatures of up to 80°C in the drying air don't affect in an immediate way the white oat seeds physiologic and industrial qualities; in the intermittent drying the white oat seeds drying curve is represented by a first degree equation; temperatures of up to 80°C in the beginning of the drying don't affect the white oat seeds germination and industrial quality immediately after the drying, but it provide latent damages to its physiological quality.

1 INTRODUÇÃO GERAL

A aveia é uma das primeiras espécies a ser explorada pelo homem para utilização de seus grãos na alimentação humana e animal, apresentando um bom balanceamento de aminoácidos, vitaminas e minerais e altos teores de proteínas e lipídeos. Tem se destacado na alimentação humana por não conter colesterol, possuir carboidratos de alta digestibilidade e apresentar alto percentual de fibras. Além disso, vem ocupando espaço na alimentação animal, como pastagem de inverno, feno e ensilada.

A cultura da aveia ainda é pouco difundida entre os agricultores brasileiros, mas a sua área de plantio vem aumentando gradativamente. De 1976 a 1986, a área cultivada de aveia (*Avena* spp.) cresceu em 257% em função da necessidade de diversificação nas propriedades, dos preços dos grãos no mercado interno, do estabelecimento de barreiras à importação, da disponibilidade de cultivares com potencial de rendimento superior, do maior uso de pastagens de inverno na produção leiteira e/ou na terminação de bovinos de corte. De 1987 a 1997, a produção nacional de aveia evoluiu à taxa de 4,2% ao ano, sendo colhidos 237.000 toneladas em 195.381 hectares. Na safra de 1997 o Paraná foi o maior produtor, com 163.000 toneladas de aveia produzidas em 134.000 hectares semeados (Stefanello¹). A demanda por sementes é grande, havendo reduzidas informações técnico-científicas, particularmente, em relação à operação de secagem.

Também, tem elevado potencial de produção de matéria seca (Skóra Neto²), adaptando-se muito bem ao plantio direto, pela decomposição mais lenta no campo e pela redução do inóculo de alguns fungos como a *Rhizoctonia* e a *Sclerotinia* (Floss³). Como adubo verde, a aveia melhora a estabilidade dos agregados do solo e exerce efeito alelopático sobre a germinação de sementes de capim marmelada (Rodrigues⁴).

¹ STEFANELLO, E. A situação mundial e brasileira da aveia. In: Reunião da Comissão Brasileira de Aveia, 18., Londrina, 1998, **Palestras**. Londrina: IAPAR, 1998.79p. [pp.17].

² SKÓRA NETO, F. Coberturas vegetais em diferentes sistemas de preparo do solo no controle de plantas daninhas. In: Encontro Latino Americano sobre Plantio Direto na Pequena Propriedade, 1., 1993, Ponta Grossa, **Anais...** Ponta Grossa: IAPAR, 1993. [pp. 173-181].

³ FLOSS, E.L. Aveia. In: BAIER, A.C.; FLOSS, E.L. & AUDE, M.I.S.(ed). **As lavouras de Inverno – 1: aveia – triticale – centeio – alpiste – colza**. São Paulo: Ed. Globo, 2ª ed., 1988. 172p. [pp.15-74].

⁴ RODRIGUES, B.N. Controle de plantas daninhas em plantio direto. In: PEIXOTO, R.T.G.; AHRENS, D.C. & SAMAHA, M. (ed). **Plantio direto o caminho para uma agricultura sustentável**, Londrina: IAPAR, 1997. 275p. [pp.234-237].

Na tentativa de colher sementes de aveia com menores teores de água podem ocorrer perdas qualitativas e quantitativas em função da ocorrência de chuvas, ventos, oscilação da umidade relativa do ar, ataque de pássaros, insetos e patógenos, que podem inviabilizar o seu emprego como sementes e grãos. Desse modo, é desejável que ocorra a antecipação da colheita, usualmente a partir de teores de água de 20-25%, havendo a necessidade da secagem artificial das sementes, pois estas devem ser armazenadas com teores de água em torno de 13%, para a preservação da sua qualidade fisiológica, no período compreendido entre a colheita e a próxima semeadura (Villela⁵; Ahrens & Peske⁶).

A secagem é um processo de transferência simultânea de calor e massa, no qual o calor é fornecido pelo ar de secagem e a água é removida do produto sob forma de vapor. A finalidade da secagem é reduzir o grau de umidade inicial da semente após a colheita, de modo a preservar os atributos físicos, fisiológicos e sanitários no processamento e armazenamento (Brooker et al.⁷; Villela⁵).

A secagem conduzida de modo inadequado, principalmente empregando altas temperaturas e baixas umidades relativas do ar, pode comprometer a qualidade física e fisiológica durante o processo ou durante o armazenamento, decorrente de danos latentes de secagem ou da permanência das sementes com teores de água ainda elevados. Pode ser realizada de forma natural, com o emprego da energia solar e/ou eólica, ou de modo artificial, pelos métodos estacionário, contínuo ou intermitente, sempre procurando preservar a qualidade das sementes. O estacionário consiste em forçar o ar a passar por uma massa de sementes estática, que por essa razão, não sofre danos mecânicos, podendo empregar os secadores como depósito. A secagem contínua consiste na remoção de água das sementes em movimento, com apenas uma passagem pelo secador; passa a ser denominada de intermitente quando as sementes, em movimento, são submetidas à ação do ar aquecido na câmara de secagem, passando, a seguir, por uma câmara sem aquecimento e sem movimento do ar, onde ocorre a homogeneização da umidade e da temperatura. O método de secagem intermitente pode ser lento ou rápido, dependendo da relação de intermitência (Aguirre & Peske⁸; Carvalho⁹).

⁵ VILLELA, F.A. **Efeitos da secagem intermitente sobre a qualidade de sementes de milho**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da USP, 1991, 104p. (Tese Doutorado).

⁶ AHRENS, D.C. & PESKE, S.T. Flutuações de umidade e qualidade de semente de soja após a maturação fisiológica. II. Avaliação da Qualidade Fisiológica. **Rev. Bras. de Sementes**, Brasília, v.16, n.2, p.111-115. 1994.

⁷ BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W. & HALL, C.W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. Westport: AVI, 1992. 450p.

⁸ AGUIRRE, R. & PESKE, S.T. **Manual para el beneficio de semillas**. Cali: CIAT, 1992. 247p.

⁹ CARVALHO, N.M. **A secagem de sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 165p.

Dentre os métodos de secagem, o estacionário e o intermitente vêm sendo utilizados em sementes de arroz e trigo, entre outras espécies, mas são reduzidas as informações disponíveis sobre a utilização em sementes de aveia branca. Admite-se que as técnicas para secagens estacionária ou intermitente, estudadas em outras espécies agrícolas, podem ser empregadas na secagem de sementes de aveia branca em função destas serem frutos do tipo cariopse, protegidas por glumas bastante volumosas, quando de composição química semelhante. Por outro lado, ainda que o método seja eficiente os efeitos da utilização de temperaturas do ar de secagem e da massa de sementes mais elevadas precisam ser testadas, colocando em suspeição o paradigma de Harrington¹⁰ quanto ao emprego de temperatura máxima de 32°C na massa de sementes, com teores de água superiores a 18%. Com temperaturas do ar mais elevadas, há possibilidade de elevação da velocidade de secagem, como já foi constatado na secagem de sementes de milho (Villela & Silva, 1992¹¹; Borsato, 1999¹²), muito importante a fim de minimizar os problemas decorrentes da colheita em época ou local de clima desfavorável.

Também propõe-se a ruptura de outro paradigma de Harrington¹⁰ e seus sucessores, onde a secagem de sementes sempre deve ser iniciada com temperaturas mais baixas e depois crescentes. Justificam os autores que o fato das sementes úmidas serem mais sensíveis às temperaturas elevadas que, proporcionalmente, as mais secas. No caso da aveia branca, o emprego de temperatura inicialmente baixa de secagem não parece obrigatório, uma vez que a semente vai perdendo água e absorvendo gradativamente calor. Esta troca pode ser danosa às sementes sem proteção, como soja e milho, mas a aveia é protegida por glumas bastante volumosas e o efeito da rápida troca de umidade dar-se-ia ao nível da cobertura de proteção, não afetando, necessariamente, o embrião.

Assim, foi proposto a instalação do experimento 1 para avaliar, em estufa sem ventilação forçada de ar, a temperatura máxima de secagem suportável pelas sementes de aveia branca sem prejudicar a qualidade fisiológica. A partir dos resultados obtidos no experimento 1, foram conduzidos dois outros experimentos, sendo empregadas temperaturas do ar de secagem inicialmente baixas e depois crescentes, no experimento 2 e temperaturas iniciais elevadas do ar de secagem, no experimento 3.

¹⁰ HARRINGTON, J.F. Drying, storing and packaging seed to maintain germination and vigor. In: Short course for seedsmen. Mississippi State, 1959. **Proceedings**. Mississippi State University, 1959. p. 89-107.

¹¹ VILLELA, F.A. & SILVA, W.R. Curvas de secagem de milho utilizando o método intermitente. **Scientia Agrícola**, Piracicaba. v.49, n.1, p.145-153,1992.

¹² BORSATO, A.V. **Efeito da secagem intermitente lenta na qualidade se semente de milho (IAPAR 51)**. Ponta Grossa: Curso de Graduação em Agronomia – Universidade Estadual de Ponta Grossa, 1999. 27p. (Monografia).

Portanto, considerando as peculiaridades da espécie e a adequação da tecnologia para as condições brasileiras, surgiu a necessidade de estudar a sensibilidade das sementes de aveia branca em relação às altas temperaturas de secagem e verificar o comportamento da velocidade de perda de água nas secagens pelos métodos estacionário e intermitente.

2 SECAGEM ESTACIONÁRIA DE SEMENTES DE AVEIA BRANCA EMPREGANDO DIFERENTES TEMPERATURAS DO AR

2.1 RESUMO

Os objetivos deste trabalho foram estabelecer a temperatura máxima para secagem estacionária de sementes de aveia branca e verificar a influência de temperaturas elevadas do ar na qualidade fisiológica das sementes após a secagem (efeitos imediatos) e após o armazenamento (efeitos latentes). O experimento foi conduzido em 1997, no Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), em Ponta Grossa, onde sementes de aveia branca, cultivar UFRGS 14, com teor de água inicial de 21%, foram submetidas à secagem em estufa, sem ventilação forçada de ar, até 13%. Os tratamentos foram constituídos por seis temperaturas de secagem do ar: 38, 45, 50, 55, 60 e 67°C, com três repetições. Foram realizados os testes de germinação, classificação do vigor da plântula, envelhecimento artificial, índice de velocidade e porcentagem de emergência em campo, após a secagem e aos seis meses de armazenamento. O teste de classificação do vigor da plântula acusou diferenças significativas para as temperaturas de 60 e 67°C, nas duas épocas de avaliação, mas os testes de germinação, envelhecimento artificial e emergência em campo não mostraram diferenças significativas. A análise e a interpretação dos resultados permitiram concluir que: a temperatura máxima da secagem estacionária, sem ventilação forçada de ar, de sementes de aveia branca é de 55°C; o vigor das sementes de aveia branca é prejudicado por temperaturas superiores a 55°C, embora a germinação não sofra prejuízos na secagem, mesmo com temperaturas de até 67°C.

Termos para indexação: secagem artificial, germinação, vigor, *Avena sativa* L.

2.2 ABSTRACT

WHITE OAT SEEDS STATIC DRYING USING DIFFERENT AIR TEMPERATURES

The objectives of this work were to establish the maximum temperature for static drying of white oat seeds, and to verify the influence of high air temperature in the physiological seed quality after drying (immediate effect) and after storage (latent effect). This experiment was carried out in 1997 at the Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR), in Ponta Grossa, Paraná, Brazil. It was used the cultivar UFRGS 14 with 21% of initial water content. The seeds were submitted to drying in oven until reaching 13% of water content. Six air-drying temperature constituted the treatments: 38, 45, 50, 55, 60 and 67°C, with three replications. The physiological quality was evaluated by germination, seedling vigor classification, accelerated aging, speed and field emergency tests, after immediate drying and after storage for six months. The seedling vigor classification test showed significant difference for temperature of 60 and 67°C, in the two evaluation times. The germination, accelerating aging and field emergency tests did not show significant differences. The conclusions were: the maximum oat seeds static drying temperature is 55°C; temperature greater than 55°C affect the white oat seeds vigor, although the oat seeds germination is not affected with drying temperature until 67°C.

Index terms: artificial drying, germination, vigor, *Avena sativa* L.

2.3 INTRODUÇÃO

As sementes úmidas são mais sensíveis a temperaturas elevadas, de modo que aquelas que apresentam maiores teores de água devem ser submetidas à secagem a temperaturas iniciais mais baixas (Nellist & Bruce, 1987). Assim, Harrington (1959) propôs os seguintes limites: sementes com teores de água superiores a 18%, a temperatura na massa de sementes deve ser no máximo 32°C; entre 10 e 18% até 38°C e abaixo de 10% pode ser empregada a temperatura máxima de 43°C, avalizados por Toledo & Marcos Filho (1977) e Carvalho & Nakagawa (1988), entre outros. Como medida de segurança, estes valores foram aceitos e não contestados por muitos anos. Para romper esse paradigma, algumas experiências bem sucedidas foram realizadas empregando temperaturas mais altas, havendo conseqüente

aumento da velocidade de secagem, conforme Villela & Silva (1991) e Cavariani (1996), em sementes de milho, e Miranda (1997), em sementes de soja.

Para Herter & Burris (1989), a temperatura de 50°C na massa foi suficiente para reduzir a qualidade fisiológica das sementes, enquanto Baker et al. (1991) observaram que o vigor das sementes de milho foi prejudicado a partir de 10 horas de secagem estacionária a 48°C.

Estrada & Litchfield (1993) constataram, na secagem de milho a temperaturas de 25°C, 71°C, 82°C, 93°C e 104°C, que as sementes com teores de água maiores tiveram uma susceptibilidade ao trincamento significativamente menores que as mais secas.

Por outro lado, Navratil & Burris (1984), na secagem de sementes de milho em espiga, verificaram que temperaturas de 45°C e 50°C prejudicaram a germinação e o vigor. Entretanto, Cavariani (1996) não observou reduções na qualidade das sementes de milho secadas à temperatura de ar insuflado de 48°C e um fluxo de ar de 24,7 m³.min⁻¹.t⁻¹, na secagem estacionária em silo com distribuição radial de fluxo de ar. Da mesma forma, sementes de soja não tiveram sua qualidade fisiológica prejudicada, quando Miranda (1997) empregou num secador similar um fluxo de ar de 28,4 m³.min⁻¹.t⁻¹ e temperatura de 50°C, sendo que a temperatura da massa não excedendo 47,8°C.

Todavia, Ahrens & Lollato (1997), trabalhando com o mesmo tipo de silo secador, não obtiveram resultados satisfatórios na secagem de sementes de feijão com ar insuflado a 35°C, causados, provavelmente, em função do alto fluxo de ar e pela demora na secagem pelo alto teor de água inicial.

McLelland (1999) afirmou que as temperaturas limites para o ar de secagem devem ser 60°C e 45°C, para as sementes de trigo e cevada, respectivamente, confirmando os resultados obtidos por Rosa (1966) na secagem de trigo em estufa, que observou queda na germinação nas temperaturas acima de 60°C.

De um modo geral, as sementes de *Poaceae* são menos sensíveis aos danos térmicos na secagem que as sementes de *Fabaceae*, o que deve-se ao fato das últimas apresentarem embrião mais exposto que as primeiras.

A composição química da semente, de acordo com Muckle & Stirling (1971), é variável entre espécies, sendo que as *Fabaceae*, de um modo geral, apresentam curvas de equilíbrio higroscópico em níveis superiores às *Poaceae*. Portanto, em razão das diferenças quanto à composição química é de se esperar, que diferentes espécies apresentem respostas distintas no processo de secagem.

O emprego de temperaturas mais elevadas torna a secagem mais rápida, mas a qualidade fisiológica das sementes, imediatamente após a secagem e durante o armazenamento, não deve ser prejudicada. Assim, o presente trabalho teve por objetivo verificar as consequências de temperaturas elevadas durante a secagem estacionária na qualidade fisiológica de sementes de aveia branca, imediatamente depois da secagem (efeitos imediatos) e após o armazenamento (efeitos latentes).

2.4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no laboratório do Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR, em Ponta Grossa, no período de outubro de 1997 a maio de 1998, utilizando um lote de sementes de aveia branca (*Avena sativa* L.), cultivar UFRGS 14, colhido com teor de água de 21%, por meio de colhedeira automotriz.

Após a operação de pré-limpeza, as sementes foram submetidas à secagem em seis estufas elétricas, sem ventilação forçada de ar, até teor de água de 13%.

Os tratamentos foram constituídos por seis temperaturas¹³ máximas do ar de secagem: 38, 45, 50, 55, 60 e 67°C, com três repetições, pesando cada uma 1,0kg. As sementes foram distribuídas em camadas de dois centímetros, sobre três bandejas em cada estufa.

O monitoramento da redução do teor de água das sementes foi realizado pela pesagem, em intervalos regulares de três horas, de seis cápsulas com 30g de sementes cada uma, mantidas em cada estufa, durante a secagem.

As sementes, de cada bandeja, após secas, foram divididas em três porções (central e laterais direita e esquerda), retiradas separadamente. As porções resultantes da parte central das três bandejas foram reunidas, usando-se o mesmo procedimento para as três porções da lateral esquerda e as três da lateral direita, constituindo cada uma delas uma amostra, definindo as três repetições para cada tratamento. Em seguida, todas as amostras foram divididas em três partes denominadas de A, B e C. A parte A foi utilizada para as determinações de laboratório imediatamente após a secagem (E0), em outubro/97. A parte B foi armazenada em câmara, com umidade relativa de 40% e temperatura de 15°C, para, ao término de seis meses serem conduzidos os testes de velocidade e percentagem de emergência das plântulas em campo, relativo a E0. A parte C, acondicionada em sacos de papel, foi armazenada sob condições ambientais não controladas, em uma sala, por seis meses. Logo após, em abril/98, foi realizada a avaliação da qualidade em laboratório e em campo, correspondente à época E1.

¹³ correspondendo a 36± 2°C, 43± 2°C, 48± 2°C, 53± 2°C, 58± 2°C, 65± 2°C, respectivamente

Em ambas as épocas de avaliação, as sementes foram submetidas às seguintes determinações:

Teor de água – determinado pelo método de estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, durante 24 horas, conforme Brasil (1992).

Superação da dormência e teste de germinação – a superação da dormência foi realizada com o pré-esfriamento, em refrigerador a 5°C , por cinco dias (Brasil, 1992). No teste de germinação foram empregadas 200 sementes, divididas em quatro repetições iguais por amostra, semeadas em rolos de papel toalha e colocadas em sacos plásticos fechados. Após o período de frio, os rolos foram mantidos em um germinador, regulado a 20°C , dando continuidade ao teste de germinação, conforme Brasil (1992), onde permaneceram por sete dias, até ser realizada a contagem. Sementes das partes B e C não sofreram tratamento para superação de dormência.

Classificação do vigor da plântula – conduzido, juntamente com o teste de germinação, descrito no item superação da dormência e teste de germinação. Após a permanência por sete dias no germinador, foram separadas e contadas as plântulas normais de comprimento maior que 60mm, medindo-se da inserção da semente ao topo da folha primária, de acordo com Nakagawa (1994). Os valores foram expressos em percentagem de plântulas vigorosas.

Teste de envelhecimento artificial – executado em caixas plásticas “gerbox”, contendo 40 ml de água e sobrepondo uma bandeja de tela em seu interior, onde foram distribuídas as sementes. As caixas tampadas, contendo as sementes, foram colocados por 48 horas (Nakagawa et al., 1994), em germinador regulado à temperatura de 42°C e protegido da luminosidade, na parte dianteira e superior, com folha de plástico preto. Após este período realizou-se o teste de germinação, como descrito no item superação da dormência e teste de germinação.

Emergência das plântulas em campo – realizado com 200 sementes, distribuídas em duas repetições iguais, constituídas por duas linhas de dois metros, com espaçamento entre as linhas de 30cm. As contagens foram realizadas do 14^o ao 23^o dias após a semeadura, quando ocorreu a estabilização do número de plântulas emergidas.

Velocidade de emergência das plântulas – realizado em conjunto com o teste de emergência das plântulas em campo, expresso pelo índice, calculado por meio do somatório do número das plântulas emergidas em cada dia dividido pelo número de dias decorridos após a semeadura (Marcos Filho et al., 1987).

O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6x2 (temperaturas x épocas), com três repetições. Foi empregado o teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade na comparação das médias. Os dados relativos aos parâmetros utilizados na avaliação da qualidade fisiológica das sementes, exceto o índice de velocidade de emergência, foram transformados em $\arcsen (x.100^{-1})^{1/2}$ para a análise estatística.

2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliando os resultados do teste de germinação, de sementes de aveia branca UFRGS 14, tanto imediatamente depois da secagem, como após o armazenamento, constata-se que não houve efeito prejudicial das temperaturas de secagem empregadas, como pode ser verificado na Tabela 1. Os resultados estão de acordo com Rosa (1966), exceto para a temperatura de 60°C, a partir da qual a germinação decresceu, mesmo trabalhando com sementes com menor teor de água inicial (13,9% e 15,9%).

Do mesmo modo, Strehler et al. (1978), na secagem de sementes de trigo e aveia, não observaram reduções na germinação quando empregaram a temperatura de 55°C, entre os teores de água de 19,0% e 12,0%. Sementes de trigo, conforme Nellist & Bruce (1987), também não tiveram a sua germinação afetada, quando secadas à 66°C, para a redução dos teores de água de 20,0% para 15,0%.

TABELA 1. Dados médios do tempo de secagem e de germinação de sementes de aveia branca submetidas a diferentes temperaturas de secagem, logo depois da secagem (E0) e após seis meses de armazenamento (E1).

Temperatura do ar (°C)	Tempo da secagem (h)	Teor de água (%)		Germinação (%)		
		E0	E1	E0	E1	Média
38	22	12,5	12,1	96	98	97
45	18	12,5	12,1	92	99	96
50	13	12,6	12,2	94	98	96
55	11	12,3	12,1	92	97	95
60	9	12,4	12,0	94	99	97
67	7	12,2	12,0	94	97	96
Média	-	12,4	12,1	94	98	-
CV (%)	-	-	-		3,7	

Os resultados obtidos mostram uma tendência de valores maiores da germinação na segunda época em relação a primeira, o que pode estar associado ao fato da dormência inicial das sementes não ter sido totalmente superada a 5°C por cinco dias.

Ainda que após a secagem em estufas a 40°C, com ventilação forçada do ar, Mcleod & Clarke (1987) observaram redução na germinação de sementes de azevém. Da mesma forma, Christ (1996), na secagem de sementes de canola, trabalhando com quatro níveis de umidade relativa do ar (30, 40, 50 e 60%) e quatro temperaturas de secagem (30, 40, 50 e 60°C), verificou diferenças significativas na germinação a partir dos 50°C, tanto na primeira, como na segunda época de avaliação.

As velocidades médias de secagem em estufa com camadas delgadas, sem fluxo de ar, foram de 0,4; 0,5 e 0,6 pontos percentuais por hora (pp.h⁻¹), para as temperaturas de 38°C, 45°C e 50°C, respectivamente. Cavariani (1996), na secagem de milho em silo secador, observou diferentes velocidades de secagem, com diferentes fluxos de ar, nas temperaturas de 40°C (0,5 pp.h⁻¹), 44°C (0,7 pp.h⁻¹) e 48°C (0,6 pp.h⁻¹). Herter & Burris (1989) também observaram na secagem de milho em camadas delgadas diferentes velocidades de secagem, nas temperaturas de 35°C (0,6 pp.h⁻¹) e 50°C (0,7 pp.h⁻¹). Os resultados obtidos por Rosa (1966) foram de 1,7 pp.h⁻¹ e 3,0 pp.h⁻¹, para 40°C e 50°C, quando da secagem de sementes de trigo, em estufa com ventilação forçada.

O teste de classificação do vigor da plântula (Tabela 2), mostrou-se mais sensível que os testes de germinação (Tabela 1) e de envelhecimento artificial (Tabela 2), ao identificar danos significativos a partir de 60°C, tanto na primeira, como na segunda época de avaliação. Este teste sinaliza que temperaturas mais elevadas de secagem podem prejudicar a qualidade fisiológica de sementes de aveia.

As sementes de milho mostraram maior sensibilidade a altas temperaturas de secagem que as de aveia, uma vez que Baker et al. (1991) encontraram reduções significativas no vigor, avaliado pelo teste de frio, das sementes secas a 48 e 56°C.

O teste de envelhecimento artificial, apesar de não ter demonstrado diferenças significativas para as diferentes temperaturas de secagem nas duas épocas de avaliação, mostrou uma tendência de redução do vigor em ambas as épocas, com a elevação da temperatura do ar.

Na secagem estacionária de sementes de arroz, Corrêa (1981), empregando lotes com teores de água entre 14,2 e 19,4%, e temperaturas de secagem entre 34 e 42°C, também não constatou diferenças significativas no vigor, pelo teste de envelhecimento artificial. Todavia,

para Lima (1997) este teste foi o mais sensível para avaliar as modificações de vigor em sementes de arroz secas a altas temperaturas.

TABELA 2. Dados médios de classificação do vigor da plântula (%) e de envelhecimento artificial (%) de sementes de aveia branca submetidas a diferentes temperaturas de secagem, logo depois da secagem (E0) e após seis meses de armazenamento (E1).

Temperatura do ar (°C)	Classificação do vigor da plântula (%)		Envelhecimento artificial (%)		
	E0	E1	E0	E1	Média
38	67 A a	48 B a	85	86	86
45	61 A a	58 A a	86	86	86
50	60 A a	54 A a	83	83	83
55	66 A a	51 B a	80	81	81
60	55 A b	44 B b	81	81	81
67	50 A b	44 A b	79	82	81
Média	60	50	82	83	-
CV (%)	7,3		4,8		

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na velocidade da emergência das plântulas, expresso em índice na Tabela 3, somente foram observadas diferenças significativas entre as temperaturas de secagem utilizadas na segunda época, para a temperatura de 50°C, ao apresentar menor valor que as demais e a de 45°C, maior valor na segunda época em relação à primeira. Portanto, este teste não identificou diferenças significativas no vigor para as diferentes temperaturas de secagem testadas, imediatamente e após o armazenamento (efeitos latentes).

Na segunda época de avaliação, ao comparar-se os dados médios de germinação (98%), com os de emergência das plântulas em campo (86%) e de envelhecimento artificial (83%), constata-se que as sementes submetidas aos testes de vigor apresentaram valores menores, ou seja sofreram estresses, embora os testes não tenham identificado diferenças entre tratamentos.

Analisando os resultados obtidos, verificou-se que as temperaturas de secagem de 60 e 67°C afetaram negativamente o vigor das sementes. Entretanto, a exposição das sementes a temperaturas de 45, 50 e 55°C por 18, 13 e 11 horas, respectivamente, não causaram efeitos prejudiciais à qualidade fisiológica das sementes de aveia branca.

Dessa forma os resultados dessa pesquisa permitem afirmar, que, ao menos na secagem estacionária sem ventilação forçada de ar, as sementes de aveia branca podem atingir temperaturas superiores aos limites preconizados por Harrington (1959), Toledo & Marcos

Filho (1977) e Carvalho & Nakagawa (1988), sem que ocorra, necessariamente, redução imediata da qualidade fisiológica ou, até mesmo, durante o armazenamento.

TABELA 3. Dados médios de emergência das plântulas em campo (%) e do índice de velocidade da emergência das plântulas, de sementes de aveia branca submetidas a diferentes temperaturas de secagem, logo depois da secagem (E0) e após seis meses de armazenamento (E1).

Temperatura do ar (°C)	Emergência das plântulas em campo (%)			Índice de velocidade da emergência das plântulas	
	E0	E1	Média	E0	E1
38	87	86	87	19,29 Aa	19,44 Aa
45	90	86	88	18,72 Ba	19,77 Aa
50	87	84	86	19,20 Aa	18,45 Ab
55	89	86	88	19,69 Aa	18,85 Ba
60	91	88	90	19,51 Aa	19,56 Aa
67	88	84	86	19,75 Aa	19,32 Aa
Média	89	86	-	19,36	19,23
CV (%)	2,9			3,7	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Recomenda-se que sejam realizados estudos de secagem de sementes associados a outros testes de vigor.

2.6 CONCLUSÕES

A análise e a interpretação dos resultados permitem concluir que:

- A temperatura máxima da secagem estacionária, sem ventilação forçada de ar, para sementes de aveia branca é de 55°C;
- O vigor das sementes de aveia branca é afetado por temperaturas superiores a 55°C, embora a germinação não sofra prejuízos na secagem, mesmo com temperaturas de até 67°C.

2.7 REFERÊNCIAS

AHRENS, D.C. & LOLLATO, M.A. Eficiência de secadores estacionário de fluxo radial e intermitente rápido: efeitos sobre a qualidade de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília. v.19, n.1, p.28-33, 1997.

- BAKER, K.D.; PAULSEN, M.R. & ZWEDEN, J. Van. Hybrid and drying rate effects on seed corn viability. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph. v.34, n.2, p. 499-506, 1991.
- BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para Análise de Sementes** Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365 p.
- CARVALHO, N.M. & NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 3ª ed, Campinas: Fundação Cargill, 1988. 424p.
- CAVARIANI, C. **Secagem estacionária de sementes de milho com distribuição radial do fluxo de ar**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1996. 85p. (Tese Doutorado).
- CHRIST, D. **Curvas de umidade de equilíbrio higroscópico e de secagem de canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), e efeito da temperatura e da umidade relativa do ar de secagem sobre a qualidade das sementes**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1996. 50p. (Tese Mestrado).
- CORREIA, C.F. **Secagem de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) em silo secador com distribuição radial de ar**. Pelotas: Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” da Universidade Federal de Pelotas, 1981. 85p. (Tese Mestrado).
- ESTRADA, J.A. & LITCHFIELD, J.B. High humidity drying of corn: effect on drying rate and product quality. **Drying Technology**, v.11, n.1, p.65-84, 1993.
- HARRINGTON, J.F. Drying, storing and packaging seed to maintain germination and vigor. In: SHORT COURSE FOR SEEDSMEN, 1959. **Proceedings**. Mississippi State University, 1959. p. 89-107.
- HERTER, U. & BURRIS, J.S. Effect of drying rate and temperature on drying injury of corn seed. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa. v.69, n.3, p. 763-774, 1989.
- LIMA, D. **Influência da alta temperatura de secagem em sementes de arroz**. Pelotas: Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” da Universidade Federal de Pelotas, 1997. 92p. (Tese Doutorado).
- MARCOS FILHO, J.; CICERO, S.M. & SILVA, W.R. Testes de vigor. In: **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 230p. [pp.149-201].
- McLELLAND, M. **Cereal grain drying and storage**. Disponível: <http://www.agric.gov.ab.ca/crops/cer-drystore.html>, capturado em 01/08/1999.
- McLEOD, J.G. & CLARKE, J.M. Effect of harvest time and drying method on quality and grade of winter rye. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa. v.67, n.4, p.417-424, 1987.
- MIRANDA, L.C. **Secagem de sementes de soja em silo com distribuição radial do fluxo de ar**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1997. 76p. (Tese Doutorado).

- MUCKLE, T.B. & STIRLING, H.G. Review of the drying of cereals and legumes in the tropics. **Tropical Stored Products Information**, Slough, v.11, p.11-30, 1971.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIERA, R.D. & CARVALHO, N.M. (ed.) **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.49-85.
- NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. & MACHADO, J.R. Maturação de sementes de aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.). I. Maturidade do campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v.29, n.2, p.315-326, 1994.
- NAVRATIL, R.J. & BURRIS, J.S. The effect of drying temperature of corn seed quality. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa. v.64, p. 487-496, 1984.
- NELLIST, M.E & BRUCE, D.M. Drying and cereal quality. **Aspects of Applied Biology**, Warwick. v.15, p.439-456, 1987.
- ROSA, O.S. Temperaturas recomendadas para secagem de sementes de trigo e arroz utilizando o método intermitente. In: SEMINÁRIO PANAMERICANO DE SEMENTES, 5., 1966, Maracay. **Anais**. Maracay, 1966, 27p.
- STREHLER, A.; SHAEFER, R.; FUCHS, H. & SCHELLER, H. Einfluss der Trocknungslufttemperatur auf die Keimfaehigkeit von Koernerfruechten bei der Warmlufttrocknung. **Grundlagen der Landtechnik**, Muenchen. v.28, n.3, p.108-112, 1978.
- TOLEDO, F.F & MARCOS FILHO, J. **Manual das sementes Tecnologia da Produção**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1977. 224p.
- VILLELA, F.A. & SILVA, W.R. Efeitos da secagem intermitente sobre a qualidade de sementes de milho. **ANAIS ESALQ**, Piracicaba. v. 48, p. 185-209, 1991.

3 QUALIDADES FISIOLÓGICA DA SEMENTE E INDUSTRIAL DE AVEIA BRANCA NA SECAGEM INTERMITENTE

3.1 RESUMO

O presente trabalho objetivou a determinação da velocidade de secagem de sementes de aveia branca e o estudo do comportamento das qualidades fisiológica e industrial na secagem intermitente, tendo como meta a adequação de tecnologia de secagem para produtores de sementes de aveia. Assim, em novembro de 1997, na Unidade de Beneficiamento de Sementes do Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR, em Ponta Grossa - PR, sementes de aveia branca, cultivar UFRGS 14, com teor de água inicial de 24,8%, foram secadas até 13,6%, em um secador “KW2”, pelo método intermitente. Foram empregados quatro tratamentos: T_0 – secagem até o teor de água de 13%, em estufa sem ventilação forçada, regulada a temperatura constante de 38°C, sendo definido como testemunha; T_1 – secagem intermitente por 90 minutos, a temperatura crescente de 15°C a cada 30 minutos, a partir de 35°C, seguida de secagem em estufa; T_2 – secagem intermitente por 150 minutos, sendo 90 minutos a temperatura crescente de 15°C a cada 30 minutos e 60 minutos a temperatura constante de 80°C, seguida da secagem em estufa; T_3 – secagem intermitente por 240 minutos, sendo 90 minutos a temperatura crescente de 15°C a cada 30 minutos, 60 minutos a temperatura constante de 80°C e 90 minutos a temperatura decrescente em 10°C a cada 30 minutos. Empregou-se ar aquecido a temperatura máxima de 80°C na câmara superior de secagem, sendo realizadas amostragens periódicas das sementes durante a secagem. A qualidade fisiológica foi avaliada por meio de testes de germinação, classificação do vigor da plântula, envelhecimento artificial, índice de velocidade e porcentagem de emergência em campo. A qualidade industrial foi determinada pelo rendimento industrial, percentual de grãos não descascados e de grãos quebrados. O teor de água e a temperatura da massa das sementes foram monitorados durante a secagem. O comportamento do teor de água e da temperatura da massa de sementes foi analisado por regressão polinomial e as qualidades fisiológica e industrial foram submetidas à comparação múltipla de médias. Conclui-se que: temperaturas de até 80°C no ar de secagem não influenciam de forma imediata as qualidades fisiológica e industrial de sementes de aveia branca; na secagem intermitente, a velocidade de secagem atinge 2,8 pontos percentuais de água por hora e a curva de secagem de sementes de aveia branca é representada por uma equação de primeiro grau.

Termos para indexação: secagem artificial, qualidade fisiológica, velocidade de secagem, *Avena sativa* L.

3.2 ABSTRACT

WHITE OAT SEED PHYSIOLOGICAL AND INDUSTRIAL QUALITY IN INTERMITTENT DRYING

The objectives of this study were to determine the white oat seeds drying rate and the effect of this intermittent drying on its physiological and industrial quality, having as goal to improve the drying technology to oat seed producers. The experiment was carried out in the seed processing unit of Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), in Ponta Grossa – PR, Brazil. The seeds of the cultivar UFRGS 14 were dried from 24.8% of initial water content to 13.6% in a dryer “KW2” with a intermittent method. Four treatments were used: T_0 - drying until 13% water content, in oven without forced ventilation, regulated the constant temperature of 38°C; T_1 - intermittent drying for 90 minutes, the growing temperature of 15°C to every 30 minutes, starting from 35°C, followed by drying in oven; T_2 - intermittent drying for 150 minutes, being 90 minutes the growing temperature of 15°C to every 30 minutes and 60 minutes the constant temperature of 80°C, followed by the drying in oven; T_3 - intermittent drying for 240 minutes, being 90 minutes the growing temperature of 15°C every 30 minutes, 60 minutes the constant temperature of 80°C and 90 minutes the decreasing temperature in 10°C to every 30 minutes. The air was heated up to 80°C in the superior drying chamber. Periodic seed samples were collected during the drying. Germination, seedling vigor classification, accelerated aging, speed and field emergency tests were used to evaluate the physiological quality. The industrial quality was determined by industrial performance, and unshelled and broken grains percentage. The seed water content and mass temperature were determined during the drying. The water content and the seed mass temperature data were analyzed by polynomial regression, and the physiological and industrial quality data were submitted to multiple average comparison procedure. The conclusions were: high air drying temperatures (80°C) don't affect in both immediate or latent way, the physiological and industrial white oat seeds qualities; in the intermittent drying the drying rate reaches 2.8 percentile water points per hour and the white oat seeds drying curve is represented by an equation of first degree.

Index terms: artificial drying, physiological quality, drying speed, *Avena sativa* L.

3.3 INTRODUÇÃO

Na produção de grãos e sementes, o máximo acúmulo de matéria seca e a máxima qualidade fisiológica são obtidos na maturidade fisiológica (Fageria, 1992). O retardamento de colheita proporciona perdas qualitativas e quantitativas que podem inviabilizar o seu emprego na semeadura (Ahrens & Peske, 1994). Assim, é desejável a antecipação de colheita, embora haja a necessidade da secagem artificial do produto que vem do campo com teores de água incompatíveis com os exigidos no armazenamento seguro.

Quando empregada com critérios técnicos, a secagem de sementes pelo processo artificial mantém a qualidade das sementes (Fuchs et al., 1990). Entre os critérios mais importantes podem ser citados: a elevação da temperatura das sementes até determinados limites, a não exposição excessiva a elevadas temperaturas, emprego no sistema de secagem elevadores com velocidade 1m.s^{-1} , o descarregamento das sementes secas com temperaturas adequadas e a não ventilação com ar frio de sementes aquecidas.

Entre os métodos de secagem, o intermitente lento vem sendo empregado com sucesso em sementes de arroz (Lima, 1997), feijão (Ahrens & Lollato, 1997), milho (Pereira, 1991; Villela & Silva, 1992; Ahrens et al., 1998), tremoço (Ahrens & Villela, 1996) e trigo (Silva Filho, 1997).

A Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Aveia (1995) sugere o uso da temperatura de 40°C , para a secagem de sementes e de 50°C , para os grãos de aveia. Na secagem intermitente, Skriegan & Kruskop (1995) limitaram a temperatura do ar no intervalo entre $60-70^{\circ}\text{C}$ e de $70-80^{\circ}\text{C}$, para sementes e grãos de aveia, respectivamente.

Para Harrington (1959), entre outros, sementes mais úmidas são mais sensíveis a altas temperaturas, de modo que aquelas com graus de umidade mais altos devem ser secas com temperaturas iniciais mais baixas. Assim, com teores de água superiores a 18%, a temperatura na massa de sementes deve ser no máximo de 32°C , ocasionando demora na secagem. Todavia, Skriegan & Kruskop (1995) defendem a utilização de temperaturas maiores na massa de sementes, sendo que para teores de água superiores a 20%, pode ser empregado ar aquecido até 36°C ; entre 20% e 18% pode atingir 40°C e abaixo de 18% poderia se empregar inclusive 45°C , sem afetar a qualidade fisiológica das sementes de cereais.

Também tem-se observado que a velocidade de secagem está ligada à temperatura da semente, isto é, com temperaturas maiores na massa de sementes, a velocidade de secagem é maior pela remoção mais intensa da água (Lima, 1997; Silva Filho, 1997; Ahrens et al.,

1998). Assim, se for possível trabalhar com temperaturas iniciais maiores, sem reduções nas qualidades física e fisiológica, poderá haver diminuição no tempo de secagem.

Na secagem, a taxa de difusão interna da água varia em função da temperatura e dos teores de água inicial e final da semente (Hemati & Languerie, 1994). A velocidade de secagem varia, principalmente, em função da umidade inicial e final; do tipo de secagem e secador, da temperatura e umidade relativa do ar empregadas e da espécie e/ou cultivares utilizados (Baker et al., 1993; Ahrens & Lollato, 1997). Em sementes de milho, Pereira (1991) e Náplava & Weingartman (1994) observaram diferenças quanto à tolerância a altas temperaturas de secagem nos diversos materiais estudados.

De acordo com Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Aveia (1995), a indústria de alimentos limita o uso de grãos quebrados e de aveia descascada, cujos valores podem aumentar com o emprego de altas temperaturas de secagem. Nas sementes descascadas, a lipase, determinante do aumento da acidez, é ativada, condição indesejável para a produção de sementes e grãos.

Algumas características bioquímicas também são alteradas com o aumento da temperatura das sementes, de modo que Deubelius (1978) constatou reduções nos aminoácidos lisina, histina e arginina em grãos de milho, quando as temperaturas na massa de grãos foram superiores a 110-120°C. Enquanto, Szamrey & Buraczewska (1989), empregando temperaturas de 120°C no vapor, obtiveram decréscimos nos valores protéicos dos grãos de aveia. Assim, as temperaturas empregadas servem de referência para a condução de novos trabalhos.

Ao considerar que a alta temperatura do ar de secagem pode não afetar as qualidades fisiológica das sementes e industrial dos grãos, será possível seu emprego na rotina da indústria de sementes e de alimentos e poderá ocorrer uma maior velocidade de remoção da água em temperaturas mais elevadas.

Assim, os objetivos do trabalho foram estudar o comportamento imediato e latente da qualidade fisiológica, das alterações na qualidade industrial após o processo, e determinar a velocidade e a curva de secagem de sementes de aveia branca, submetidas à secagem intermitente lenta.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

No período de novembro de 1997 a julho de 1998, o trabalho foi conduzido nas instalações da Unidade de Beneficiamento de Sementes e no laboratório do Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR, em Ponta Grossa/PR, e no laboratório das Indústrias SL Alimentos, em Mauá da Serra/PR. As sementes de aveia branca (*Avena sativa* L.), cultivar UFRGS 14, foram colhidas com teor de água de 24,8%, por meio de colhedeira automotriz.

Após processamento em máquina de pré-limpeza, as sementes foram destinadas à secagem, em um secador de fluxo cruzado de ar, marca Kepler Weber, modelo KW2, operando como intermitente lento. Sua capacidade estática é de 2,1 toneladas, sendo 1,4t na câmara superior (secagem) e 0,7t na câmara inferior (equalização), razão de intermitência de 2:1 (20 minutos a sementes em contato com o ar aquecido e 10 em equalização), equipado com fornalha a lenha e fogo direto. A descarga é realizada com transportador vibratório e elevador de canecas de descarga centrífuga.

A temperatura inicial do ar de secagem foi de 35°C, elevando-se 15°C, a cada 30 minutos, até atingir 80°C, após transcurso de 90 minutos de secagem. Permaneceu nessa temperatura por 60 minutos e a 70°C, por 30 minutos, para a temperatura predeterminada da massa de sementes não exceder a 48°C. A seguir, por 30 minutos, foi empregada a temperatura do ar de 60°C e, finalmente, foi reduzida a 50°C, por 30 minutos, totalizando 240 minutos de secagem. A temperatura do ar de secagem foi monitorada com um termômetro analógico presente na tubulação de entrada do ar aquecido (Figura 1).

A cada trinta minutos de secagem, foram coletadas três amostras em três pontos para determinação da temperatura das sementes. Estes pontos estão representados na Figura 1, onde o [1] aponta para o topo do secador com sementes, o [2] destaca a entrada do ar quente na câmara superior, e o [3] indica o início da câmara inferior, do lado oposto à entrada de ar, que foi mantida fechada. Desse modo, a temperatura da massa de sementes foi determinada com termômetros de mercúrio inseridos em nove caixas de “isopor” tampadas, contendo as amostras de sementes. No mesmo intervalo de tempo, no ponto [4] (Figura 1), foram coletadas três amostras de sementes para determinação do teor de água pelo método indireto, com um determinador de umidade universal, para o monitoramento do grau de umidade durante a secagem, e pelo método da estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, durante 24 horas (Brasil, 1992), para a determinação da curva de secagem.

Nas amostragens, relativas aos tratamentos T_0 , T_1 , T_2 e T_3 , que constam na Tabela 1, foram retiradas quatro amostras contínuas, na descarga das sementes (transportador

vibratório) do secador (ponto [4] na Figura 1). Cada unidade foi constituída a partir de quatro amostras simples, pesando aproximadamente 500g cada uma, destinadas à avaliação das qualidades fisiológica e industrial.

Os tratamentos foram constituídos por:

- a) Tratamento T_0 – secagem até o teor de água de 13%, em estufa sem ventilação forçada, regulada a temperatura constante de 38°C , sendo definido como testemunha;
- b) Tratamento T_1 – secagem intermitente por 90 minutos, a temperatura crescente de 15°C a cada 30 minutos, a partir de 35°C , seguida de secagem em estufa a temperatura constante de 38°C ;
- c) Tratamento T_2 – secagem intermitente por 150 minutos, sendo 90 minutos a temperatura crescente de 15°C a cada 30 minutos e 60 minutos a temperatura constante de 80°C . A seguir foi procedida a secagem em estufa a temperatura constante de 38°C ;
- d) Tratamento T_3 – secagem intermitente por 240 minutos, sendo 90 minutos a temperatura crescente de 15°C a cada 30 minutos, 60 minutos a temperatura constante de 80°C e 90 minutos a temperatura decrescente em 10°C a cada 30 minutos.

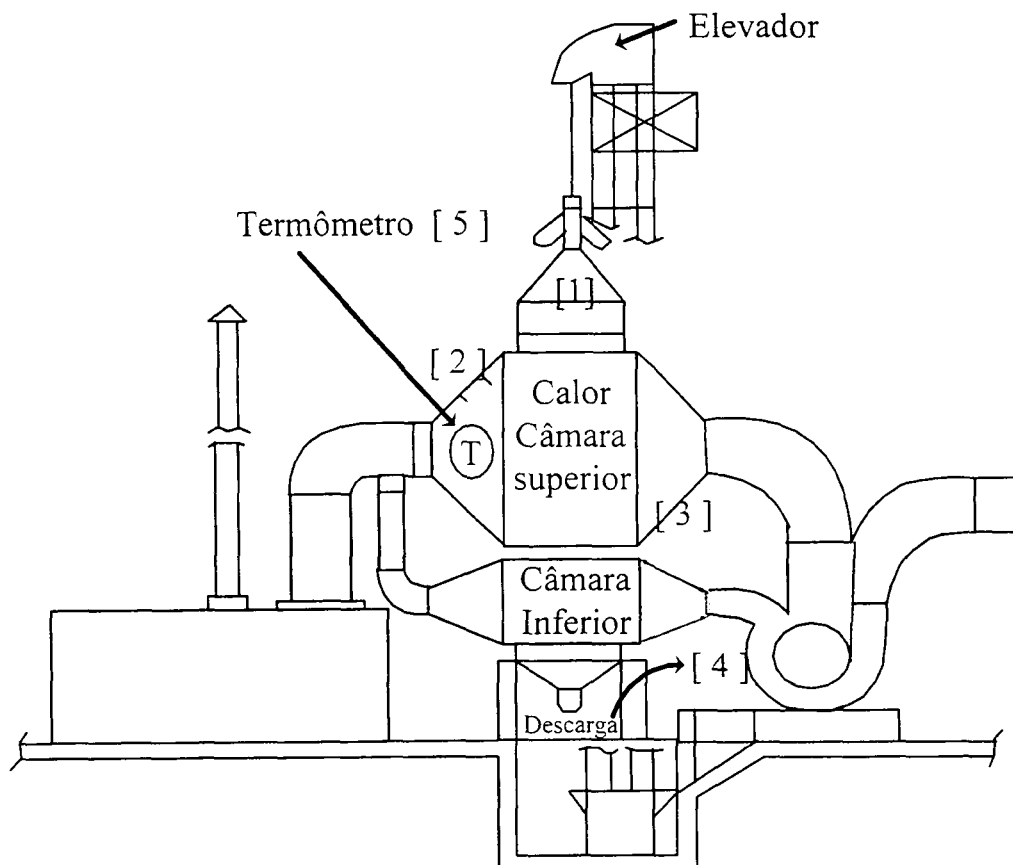


FIG. 1. Esquema do secador intermitente e dos pontos de amostragem.

TABELA 1. Indicação dos momentos de amostragens realizadas para determinação do teor de água, temperatura das sementes e das qualidades fisiológica e industrial das sementes de aveia branca, durante o processo de secagem.

Temperatura (°C) no ar de secagem	Tempo de secagem (min)	Momento de amostragem (Tratamento)
35	000	Testemunha T ₀
50	030	--
65	060	--
80	090	Intermediário T ₁
80	120	--
80	150	Intermediário T ₂
70	180	--
60	210	--
50	240	Final T ₃

Cada amostra de sementes, pesando aproximadamente 2kg, seca a 13%, proveniente de cada tratamentos T₀, T₁, T₂ e T₃, foi dividida em três porções denominadas A, B e C. A porção A foi utilizada para a condução dos testes relativos à avaliação das qualidades fisiológica e industrial, imediatamente após a secagem (E0), em novembro/97. A porção B, ao término de seis meses de armazenamento em câmara fria e seca, com umidade relativa de 40% e temperatura de 15°C, foi empregada para a condução dos testes de velocidade e porcentagem de emergência em campo, relativo a E0. A porção C, após acondicionada em embalagens de tecido de algodão e armazenada em sala, sob condições ambientais não controladas, por seis meses, foi empregada para a execução dos testes de laboratório e de campo relativos à de avaliação da qualidade das sementes de E1, em maio/98.

Para a qualidade industrial, amostras de 50g da porção A de cada tratamentos, foram processadas, por 90 segundos, em um descascador de laboratório marca “Codema”, modelo CLH1, para determinação do rendimento industrial (Deane & Commers, 1986). Em seguida, foram separadas, manualmente, e pesadas em balança com 0,01g de precisão, as sementes não descascadas, as descascadas e as quebradas, as cascas e o pó. Os dados foram posteriormente transformados em porcentagem.

As sementes correspondentes a ambas as épocas de avaliação foram submetidas aos seguintes testes:

Superação da dormência e teste de germinação – a superação foi realizada com o pré esfriamento, por cinco dias, em refrigerador a 5°C (Brasil, 1992), para amostras da porção A. Foram utilizadas 200 sementes, divididas em quatro repetições iguais por amostra, semeadas em rolo de papel toalha e colocadas em sacos plásticos fechados. Após a superação da

dormência, as sementes foram mantidas em um germinador, regulado a 20°C, dando continuidade ao teste de germinação (Brasil, 1992) por sete dias, quando foi realizada a contagem.

Classificação do vigor da plântula – conforme Nakagawa (1994), conduzido juntamente com o teste de germinação, descrito no item superação da dormência e teste de germinação. Foram separadas e contadas as plântulas normais de comprimento maior que 60mm, medindo-se da base do coleóptilo ao topo da folha primária, após decorridos sete dias do teste de germinação. Os valores foram expressos em percentagem de plântulas vigorosas.

Teste de envelhecimento artificial – executado pelo método “gerbox”, consistiu na utilização de 40 ml de água em cada caixa plástica, com bandejas de tela metálica em seu interior, onde foram distribuídas as sementes. As caixas com as sementes e cobertas, foram colocadas por 48 horas (Nakagawa et al., 1995), em um germinador regulado à temperatura de 42°C no escuro. Após este período, foi conduzido o teste de germinação, conforme descrito no item superação da dormência e teste de germinação.

Emergência das plântulas em campo – efetuado com 200 sementes, distribuídas em duas repetições iguais, constituídas por duas linhas de dois metros, com espaçamento de 30cm entre as linhas. Após semeadura, foram realizadas as contagens até a estabilização do número de plântulas emergidas ocorrida no 21º dia.

Velocidade de emergência das plântulas – realizado em conjunto com o teste de emergência das plântulas em campo, expresso pelo índice, foi calculado por meio do somatório do número das plântulas emergidas em cada dia dividido pelo número de dias decorridos após a semeadura (Marcos Filho et al., 1987).

Os dados relativos aos testes utilizados para avaliação da qualidade fisiológica das sementes foram analisadas segundo um delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 2 (momentos de amostragens x épocas de avaliação), com quatro repetições. Para a análise estatística, os dados obtidos em percentagem foram previamente transformados em $\arcsen (x.100^{-1})^{1/2}$, exceto para o índice de velocidade de emergência. Para a comparação de médias foi empregado o teste de Tukey, ao nível de probabilidade de 5%. Os dados referentes às reduções do teor de água e à evolução das temperaturas das sementes foram submetidas à análise de regressão polinomial. Para os dados correspondentes à qualidade industrial dos grãos foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, considerando somente o fator momentos de amostragem.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao acompanhar-se os resultados da evolução da temperatura da massa de sementes (Tabela 2 e Figura 2), verificou-se que, com o aumento na temperatura do ar, correspondeu ao aumento na temperatura da massa de sementes. No início da câmara inferior as sementes estavam sempre mais aquecidas em relação aos outros pontos, também constatado por Silva Filho (1997). No topo do secador as sementes apresentaram temperaturas inferiores aos dois outros pontos, demonstrando que elas se resfriavam na câmara de equalização e na movimentação pelo elevador, fato também verificado por Pereira (1991), ao trabalhar com sementes de milho, em secador similar.

TABELA 2. Temperaturas do ar de secagem e da massa de sementes de aveia branca, e teores de água (U) durante a secagem intermitente.

Momento	Tempo (min)	Temperatura (°C)				U (%)
		Ar	⁽¹⁾ P1	P2	P3	
T ₀	000	35	26,3	26,3	26,3	24,8
	030	50	26,7	28,0	29,0	23,6
	060	65	27,0	32,3	32,0	23,3
T ₁	090	80	27,7	33,7	42,3	20,4
	120	80	28,7	34,3	43,6	19,2
T ₂	150	80	30,0	35,0	44,3	17,0
	180	70	31,0	35,7	45,6	15,1
	210	60	31,0	36,0	44,7	14,0
T ₃	240	50	31,7	38,0	42,3	13,6
CV (%)	-	-	1,17	2,68	4,87	3,37

⁽¹⁾ P1 = topo do secador; P2 = câmara superior; P3 = câmara inferior

A temperatura máxima da massa de sementes observada foi de 45,6°C aos 180 minutos de secagem, com a temperatura do ar em 70°C. Embora tenha iniciado a redução da temperatura do ar de secagem, a temperatura das sementes continuou subindo, com exceção do ponto 3 (P3), no início da câmara de equalização. Mesmo estabilizando-se a temperatura do ar de secagem, as sementes tendem aumentar a sua temperatura em função da maior resistência à retirada da água, fato confirmado por Ahrens & Villela (1996), Ahrens & Lollato (1997) e Lima (1997), em sementes de tremoço, feijão e arroz, respectivamente.

A velocidade de secagem obtida foi de 2,8 pontos percentuais por hora (pp.h⁻¹). Ahrens & Villela (1996) encontraram 2,3 pp.h⁻¹ na secagem de sementes de tremoço, entre 17,6% e 13,0%; Lima (1997), 2,2 a 2,8 pp.h⁻¹, secando sementes de arroz no mesmo modelo de secador KW2 e Silva Filho (1997), em sementes de trigo, obteve 1,1 pp.h⁻¹, utilizando um

KW8. Segundo Zhidko & Atanazevich (1974) a velocidade de secagem varia em função da espessura e permeabilidade da cobertura protetora; da composição química do grão e das condições de transferência de água do grão para o meio, o que se constitui numa possível explicação para os diferentes resultados obtidos.

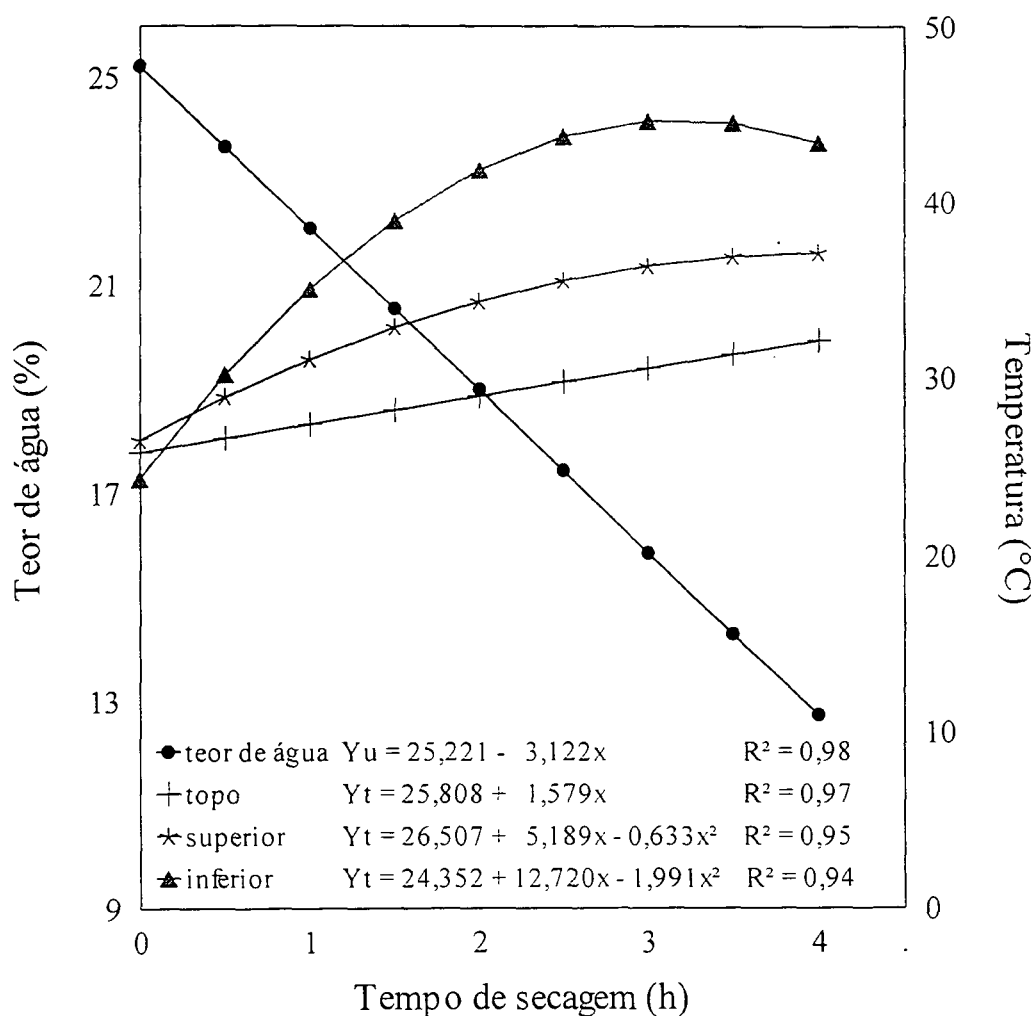


FIG. 2. Curvas representando o comportamento do teor de água (Y_u) e das temperaturas da massa (Y_t) de sementes de aveia branca, em função do tempo, na secagem intermitente.

A equação representativa da curva de secagem obtida é a de uma reta (Figura 2), confirmando os resultados obtidos por Villela & Silva (1992), Lima (1997) e Silva Filho (1997), com sementes de milho, arroz e trigo, respectivamente. Entretanto, de acordo com Brooker et al. (1992), para que ocorra um período de secagem com taxa constante, com as condições constantes do ar, o grau de umidade dos produtos deve ser elevado. Esta ocorrência se verifica tendo em vista que as condições de secagem não são constantes durante todo o processo e, adicionalmente, tem-se a influência da intermitência.

Os dados presentes na Tabela 3 indicam que a secagem de grãos de aveia branca, a temperatura do ar a 80°C na câmara superior, não causou efeitos prejudiciais à sua qualidade industrial, considerando-se o rendimento, as percentagens de grãos quebrados e de não descascados. Lima (1997) ao secar arroz, empregando ar aquecido a 80°C nas duas câmaras de secagem, obteve reduções significativas na sua qualidade industrial. Skriegan & Kruskop (1995), para a aveia, sugerem a utilização de temperaturas de 70 a 80°C, quando destinada ao consumo humano e 85 a 95°C para a produção de rações.

TABELA 3. Qualidade industrial (rendimento, percentual de quebrados e não descascados) de grãos de aveia branca submetidos à secagem intermitente.

Momento de amostragem	Rendimento (%)	Quebrados (%)	Não descascados (%)
T ₀	66,1	1,7	0,5
T ₁	66,5	1,4	0,6
T ₂	66,7	1,5	0,4
T ₃	66,3	1,4	0,3
Média	66,4	1,5	0,4
CV (%)	0,79	10,30	35,38

O rendimento industrial sugerido por Deane & Commers (1986) varia de 45 a 60% e Tamaki¹³ recomenda 65% como rendimento industrial mínimo e no máximo 2% de grãos quebrados. Os valores obtidos no presente trabalho atendem às recomendações estabelecidas, constatando que a temperatura empregada não traria problemas de ordem industrial, se porventura as sementes de aveia branca fossem descartadas para indústria de grãos.

Na Tabela 4 estão presentes os resultados de germinação das sementes de aveia branca durante o processo de secagem, que permaneceram acima de 80%, mínimo permitido pelas Normas de Produção de Sementes Básicas, Registradas, Certificadas e Fiscalizadas (Seab, 1986). Sementes de trigo também não tiveram a sua germinação afetada, quando secadas com altas temperaturas por Nellist & Bruce (1987) e por Silva Filho (1997), e na secagem de sementes de milho por Villela & Silva (1992) e parcialmente por Pereira (1991).

¹³ TAMAKI, S.M. Informações pessoais sobre metodologia e padrões empregados na empresa SL Alimentos, 1998.

TABELA 4. Dados médios de germinação de sementes de aveia branca submetidas à secagem intermitente, logo depois da secagem (E0) e após seis meses de armazenamento (E1).

Momentos de amostragem	Germinação (%)		
	E0	E1	Média
T ₀	90	93	91
T ₁	93	92	92
T ₂	89	90	90
T ₃	87	88	88
Média	90	91	-
CV (%)			4,7

Entretanto, Lima (1997), utilizando o método contínuo ao secar sementes de arroz a 80°C, observou danos significativos à germinação, demonstrando maior sensibilidade deste cereal à secagem contínua com altas temperaturas.

Avaliando os resultados do teste de classificação do vigor da plântula (Tabela 5), tanto imediatamente após a secagem (E0) como após o armazenamento (E1), constatou-se ausência de diferenças significativas entre os momentos de amostragem durante a secagem.

Na Tabela 5 também estão destacados os resultados do teste de envelhecimento artificial em que não revelaram alterações significativas no vigor, logo após a secagem, corroborando os resultados obtidos por Ahrens & Villela (1996), Lima (1997) e Silva Filho (1997) com sementes de tremço, arroz e trigo, respectivamente.

TABELA 5. Dados médios de classificação do vigor da plântula (%) e de envelhecimento artificial (%), de sementes de aveia branca submetidas à secagem intermitente, logo após a secagem (E0) e aos seis meses de armazenamento (E1).

Momento de amostragem	Classificação do vigor da plântula (%)			Envelhecimento artificial (%)		
	E0	E1	Média	E0	E1	Média
T ₀	61	64	62	70 A a	69 A a	70
T ₁	66	67	66	74 A a	66 A a	70
T ₂	65	56	61	66 A a	56 B b	61
T ₃	60	61	61	64 A a	58 A b	62
Média	63	62	-	68	62	-
CV (%)			9,9			6,2

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Todavia, após seis meses de armazenamento, foram encontradas diferenças significativas entre as épocas e durante o processo de secagem, sendo T_2 inferior na segunda em relação à primeira época e T_2 e T_3 inferiores a T_0 e T_1 , na segunda época. Os resultados sinalizam possíveis problemas nesse tipo de secagem, confirmados por Ahrens & Lollato (1997), em sementes de feijão. Mello (1996) também constatou que o teste de envelhecimento artificial foi o mais sensível para indicar eventuais efeitos de secagem no vigor de sementes de arroz.

Os resultados do teste de emergência em campo, conforme Tabela 6, não mostraram alterações significativas, imediatamente à secagem e após o armazenamento, fato também verificado por Lima (1997), na secagem de sementes de arroz.

Os resultados relativos ao índice de velocidade de emergência (Tabela 6) mostraram, apenas na primeira época, que o tratamento T_0 foi inferior aos demais. Com relação às épocas, para o tratamento T_0 , observou-se menor valor na primeira em relação à segunda época.

TABELA 6. Dados médios da emergência das plântulas em campo (%) e do índice de velocidade da emergência das plântulas, de sementes de aveia branca submetidas à secagem intermitente, imediatamente após a secagem (E0) e aos seis meses de armazenamento (E1).

Momento de amostragem	Emergência em campo (%)			Índice de velocidade de emergência		
	E0	E1	Média	E0	E1	Média
T_0	83	85	84	18,9Bb	22,8Aa	20,8
T_1	84	82	83	22,0Aa	21,7Aa	21,8
T_2	84	82	83	20,9Aa	21,0Aa	21,0
T_3	80	83	82	21,1Aa	21,0Aa	21,0
Média	83	83	-	20,7	21,6	
CV (%)			3,5			4,2

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O conjunto dos resultados dos testes de germinação (Tabela 4), classificação do vigor da plântula (Tabela 5), emergência em campo e velocidade de emergência (Tabela 6) permitiu constatar que, embora as sementes tenham atingido temperaturas máximas superiores a 43°C, durante 90 minutos (entre 120 min e 210 min de secagem), não foram observados danos térmicos à sua qualidade fisiológica, superando o paradigma de Harrington (1959).

3.6 CONCLUSÕES

A análise e a interpretação dos resultados permitem concluir que:

- Temperaturas de até 80°C no ar de secagem não afetam de forma imediata as qualidades fisiológica e industrial de sementes de aveia branca, entretanto o vigor, avaliado pelo teste de envelhecimento artificial, apresentou danos latentes;
- Na secagem intermitente, a velocidade de secagem atinge 2,8 pontos percentuais de água por hora e a curva de secagem de sementes de aveia branca é representada por uma equação de primeiro grau.

3.7 REFERÊNCIAS

- AHRENS, D.C.; BARROS, A.S.R.; VILLELA, F. A. & LIMA, D. Qualidade de sementes de milho (*Zea mays* L.) sob condições de secagem intermitente. **Scientia Agricola**, Piracicaba. v.55, n.2, p.320-325, 1998.
- AHRENS, D.C. & LOLLATO, M.A. Secagem ao sol e artificial de semente de feijão: curvas de secagem e efeitos sobre a qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília. v.19, n.1, p. 22-27, 1997.
- AHRENS, D.C. & PESKE, S.T. Flutuações de umidade e qualidade de semente de soja após a maturação fisiológica. II. Avaliação da qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília. v.16, n.2, p. 111-115, 1994.
- AHRENS, D.C. & VILLELA, F.A. Secagem intermitente e seus efeitos na qualidade fisiológica de sementes de tremoço azul. **Scientia Agricola**, Piracicaba. v. 53, n. 2/3, p. 309-315, 1996.
- BAKER, K.D.; PAULSEN, M.R. & ZWEDEN, J. Van. Temperature effects on seed corn dryer performance. **Applied Eng. in Agriculture**, St. Joseph. v.9, n.1, p.79-83, 1993.
- BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para Análise de Sementes** Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365 p.
- BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W. & HALL, C.W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. Westport: AVI, 1992. 450p.
- COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA. **Recomendações Tecnológicas para o cultivo da aveia**. Passo Fundo: Gráfica UPF, 1995. 50p.
- DEANE, D. & COMMERS, E. Oat cleaning and processing. In: SCHRICKEL, D.J. (ed.). **Oats: chemistry and technology**. St. Paul: American Assoc. of Cereal Chemistry, 1986. p. 371-412.

- DEUBELIUS, I. Veraenderung der Proteinqualitaet von Koernermais bei unterschiedlicher Trocknung. **Getreide, Mehl und Brot**. Stuttgart, v.43, n.9, p.233-236, 1978.
- FAGERIA, N.K. **Maximizing crop yields**. New York: Marcel Decker Inc., 1992. 274p.
- FUCHS, H.; WENNINGER, A.; VOIT, B. & BIHLER, E. Die Keimfähigkeit von Saatgetreide. Erfahrung bei der Saatgutbeschaeffenheitspruefung der Ernten. **Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch**, Muenchen. v.67, n.5, p.531-542, 1990.
- HARRINGTON, J.F. Drying, storing and packaging seed to mantain germination and vigor. In: SHORT COURSE FOR SEEDSMEN, 1959. **Proceedings**. Mississippi State University, 1959. p. 89-107.
- HEMATI, M.M.M. & LAGUERIE, C. Evolution of the technical quality of corn kernels submitted to various techniques of drying at different operating conditions. DRYING 94. **Proceedings** of the 9th International Drying Symposium, Gold Coast, Australia, 1994, [Ed. Rudolph, V.; Keey, R.B.], 1994. p.1023-1030.
- LIMA, D. **Influência da alta temperatura de secagem em sementes de arroz**. Pelotas: Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel" da Universidade Federal de Pelotas, 1997. 92p. (Tese Doutorado).
- MARCOS FILHO, J.; CICERO, S.M. & SILVA, W.R. Testes de vigor. In: **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. p.149-201.
- MELLO, V.D.C. **Qualidade fisiológica de sementes de arroz sob condições de secagem estacionária e contínua**. Pelotas: Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel" da Universidade Federal de Pelotas, 1996. 98p. (Tese Doutorado).
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIERA, R.D. & CARVALHO, N.M. (ed.) **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.49-85.
- NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. & MACHADO, J.R. Efeitos da dose e da época de aplicação de N na produção e qualidade de sementes de aveia preta. **Cientifica**, São Paulo. v.23, n.1, p.31-43, 1995.
- NÁPLAVA, V. & WEINGARTMAN, H. Stress cracks during seed corn drying. **Zemedelska – Technika**, Czechoslovakia. v.40, n.1, p. 3-14, 1994.
- NELLIST, M.E. & BRUCE, D.M. Drying and cereal quality. **Aspects of Applied Biology**, Warwick. v.15, p.439-456, 1987.
- PEREIRA, F.T.F. **Efeito da secagem intermitente na qualidade de sementes de milho**. Pelotas: Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel" da Universidade Federal de Pelotas, 1991. 75p. (Tese Mestrado).

SEAB – SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO DO PARANÁ –
COMISSÃO ESTADUAL DE SEMENTES E MUDAS DO PARANÁ - CESM/PR –
Normas para produção de sementes básicas, registradas, certificadas e fiscalizadas.
Curitiba: SEAB, 1986.

SILVA FILHO, P.M. **Processo de secagem, desempenho da semente e qualidade industrial do trigo.** Pelotas: Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” da Universidade Federal de Pelotas, 1997. 64p. (Tese Doutorado).

SKRIEGAN, E. & KRUSKOP, W. Aufbereitung und Lagerung von Koernerfruechten. Teil 3: Koernerfruchttrockner fuer industrielle Aufbereitung. **Die Muele + Mischfuttertechnik**, Hamburg. v.132, n.16, p.247-253, 1995.

SZAMREY, R. & BURACZEWSKA, L. Effect of cereal grain drying in the Van den Broek dryer on nutritive value of grain protein. **Roczniki-Nauk-Rolniczych**, Poland. v. 105, n.1/2 p. 59-70, 1989.

VILLELA, F.A. & SILVA, W.R. Curvas de secagem de milho utilizando o método intermitente. **Scientia Agrícola**, Piracicaba. v.49, n.1, p.145-153,1992.

ZHIDKO, V.I. & ATANAZEVICH, V.I. Comparison of intensity of moisture transfer in different seeds during drying. **Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii**, Pishhachevaya Tekhnologiya. n.4, p.153-136, 1974.

4 ALTAS TEMPERATURAS INICIAIS NA SECAGEM INTERMITENTE DE SEMENTES DE AVEIA BRANCA

4.1 RESUMO

Os objetivos deste trabalho foram verificar o comportamento das qualidades fisiológica e industrial das sementes de aveia branca em função da utilização de altas temperaturas iniciais na secagem intermitente e determinar a curva de secagem. O experimento foi instalado em novembro de 1997 na Unidade de Beneficiamento de Sementes do Instituto Agrônomo do Paraná, em Ponta Grossa, empregando-se um secador industrial operando pelo método intermitente lento e sementes de aveia branca, cultivar UFRGS 14, com teor de água inicial de 24,8% e que foram secadas a 12,5%. Foram empregados quatro tratamentos: T_0 – testemunha - secagem em estufa, sem ventilação forçada, a temperatura constante de 38°C; T_1 – secagem intermitente a temperatura constante de 80°C por 90 minutos, seguida de secagem em estufa a temperatura constante de 38°C; T_2 – secagem intermitente por 120 minutos, a temperatura constante de 80°C, seguida da secagem em estufa a temperatura constante de 38°C; T_3 – secagem intermitente por 210 minutos, sendo 120 minutos a temperatura constante de 80°C e 90 minutos a temperatura decrescente em 10°C a cada 30 minutos. A qualidade fisiológica foi avaliada pelos testes de germinação, classificação do vigor da plântula, envelhecimento artificial, índice de velocidade de emergência e emergência em campo, imediatamente após a secagem e aos seis meses de armazenamento. A qualidade industrial (rendimento industrial, percentagem de descascados e quebrados) foi determinada logo após a secagem. As conclusões foram: temperaturas do ar de 80°C no início do processo de secagem não afetam a germinação e a qualidade industrial de sementes de aveia branca imediatamente após a secagem; temperaturas do ar de 80°C no início do processo de secagem proporcionam danos latentes à qualidade fisiológica das sementes de aveia branca; a curva de secagem pode ser expressa por uma função linear, na secagem intermitente.

Termos para indexação: secagem artificial, qualidade fisiológica, qualidade industrial, velocidade de secagem, *Avena sativa* L.

4.2 ABSTRACT

WHITE OAT SEED INTERMITTENT DRYING WITH HIGH INITIAL TEMPERATURES

The objectives of this work were to determine the physiological and industrial qualities of white oat seeds as a function of the use of high initial temperatures in the intermittent drying, and to determine the drying curve. The experiment was conducted in November of 1997 in the seed processing unit of the Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR) in Ponta Grossa – PR, Brazil. It was used an industrial dryer operated by the slow intermittent method, and oat seeds of cultivar UFRGS 14 with 24.8% of initial water content that were dried to 12.5%. The treatments used were: T_0 – control – drying in oven, without forced ventilation, with constant temperature of 38°C; T_1 – intermittent drying with constant temperature of 80°C for 90 minutes, followed by oven drying with constant temperature of 38°C; T_2 – intermittent drying with constant temperature of 80°C for 120 minutes, followed by drying in oven with 38°C; T_3 – intermittent drying for 210 minutes, being 120 minutes with constant temperature of 80°C and 90 minutes decreasing the temperature at a rate of 10°C every 30 minutes. The physiological quality was evaluated by germination, seedling vigor classification, accelerated aging, speed and field emergency tests, immediately after drying and after six months of storage (latent damage). The industrial quality (industrial performance, and unshelled and broken grains percentage) was determined soon after drying. The conclusions were: 80°C at the beginning of the drying process doesn't affect the white oat seeds germination and the industrial quality immediately after the drying; 80°C in the beginning of the drying process provides latent damages to the white oat seeds physiologic quality; the drying curve in the intermittent drying may be expressed by a lineal function.

Index terms: artificial drying, physiological, industrial quality, seed moisture level, *Avena sativa* L.

4.3 INTRODUÇÃO

A bibliografia especializada recomenda que a secagem seja iniciada com baixas temperaturas do ar, sendo elevadas gradativamente no decorrer da operação e decrescentes no término, para evitar choques térmicos que podem causar trincamentos, de ocorrência

freqüente em arroz e em outras espécies (Villela & Peske, 1996; Lima, 1997; Ahrens & Lollato, 1997 e Ahrens et al., 1998).

Pesquisas conduzidas por Villela & Silva (1992), Ahrens & Villela (1996), Silva Filho (1997) e Ahrens et al. (1998) têm mostrado que, a medida que as sementes perdem água para o meio ambiente, particularmente para teores de água inferiores a 14,5%, ocorre uma acentuada elevação da temperatura da massa de sementes, havendo necessidade de reduzir a temperatura do ar de secagem. Sem este procedimento, existe o risco de provocar danos térmicos, em função da redução da taxa de evaporação e da elevação da temperatura do embrião. Sendo assim, é muito importante o monitoramento da temperatura, bem como, do decréscimo do teor de água da massa de sementes durante o processo de secagem.

De acordo com Ekstrand et al. (1992), há um decréscimo significativo da quantidade de lipase a medida que se aumenta a temperatura da massa de sementes. Szamrey & Buraczewska (1989) observaram decréscimos nos valores protéicos em grãos de aveia e Lupano & Añón (1986), em embriões de trigo, ao serem empregadas elevadas temperaturas do ar de secagem. Por outro lado, Lima (1997) ao secar sementes de arroz, com ar a temperatura de 80°C, não observou prejuízos à sua composição química.

Por sua vez, Bewley & Black (1994) afirmam que a secagem demasiadamente rápida ou excessiva pode reduzir a viabilidade das sementes de forma drástica.

Na fase inicial, há uma demora para a temperatura máxima do ar de secagem ser atingida, proporcionando uma menor velocidade inicial de secagem. O processo de secagem ocorre com o ar aquecido cedendo calor para a semente, que em troca fornece água em forma de vapor (Brooker et al., 1992 e Villela & Peske, 1996). Se forem usadas temperaturas elevadas desde o início, as sementes atingirão temperaturas mais elevadas em menor espaço de tempo e provavelmente, a secagem será mais rápida, sem que, necessariamente, haja prejuízos à qualidade das sementes.

As sementes de aveia, são colhidas normalmente com teores de água inferiores a 25%, o que permitiria a utilização de altas temperaturas do ar de secagem. Além disso, na fase inicial de indução, as sementes sofrem aquecimento gradual, que dentro de certos limites, poderá não proporcionar danos térmicos.

Os objetivos deste trabalho foram verificar o comportamento das qualidades fisiológica e industrial das sementes de aveia branca em função da utilização de altas temperaturas iniciais na secagem intermitente, bem como determinar a curva de secagem.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido de novembro de 1997 a julho de 1998, nas instalações da Unidade de Beneficiamento de Sementes e no laboratório do Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR, no município de Ponta Grossa/PR, e no laboratório de qualidade industrial das Indústrias SL Alimentos, em Mauá da Serra/PR. As sementes de aveia branca (*Avena sativa* L.), cultivar UFRGS 14, com teor de água de 24,8%, foram colhidas com colhedeira automotriz.

Após a pré-limpeza, as sementes foram submetidas à secagem, em um secador de fluxo cruzado de ar, marca Kepler Weber, modelo KW2, operando pelo método intermitente lento, com capacidade estática de 2,1 toneladas de aveia, sendo 1,4t na câmara superior (secagem) e 0,7t na câmara inferior (equalização), com razão de intermitência de 2:1 (20 minutos a sementes em contato com o ar aquecido e 10 em equalização), com a descarga sendo em transportador vibratório e elevador de canecas de descarga centrífuga.

Previamente, o ar de secagem foi aquecido a 80°C, em fornalha metálica a lenha e fogo direto, deixando o fluxo de ar interrompido até o término do carregamento do secador. A operação de secagem iniciou com a abertura da ventilação para a massa de sementes e da descarga, regulada para um fluxo de massa que permitisse às sementes executarem uma passagem no sistema secador-elevador, em trinta minutos. Permaneceu nessa temperatura por 120 minutos, sendo reduzido para 70°C, por 30 minutos, para não exceder a temperatura limite predeterminada de 52°C na massa de sementes. A seguir, por 30 minutos, foi empregada a temperatura do ar de 60°C, e finalmente, o ar foi insuflado a 50°C, por 30 minutos, totalizando 210 minutos de secagem. A temperatura do ar de secagem foi monitorada por meio de um termômetro analógico presente na tubulação de entrada do ar aquecido (Figura 1).

A cada trinta minutos de secagem, foram coletadas três amostras no ponto [4] (Figura 1) para a determinação do teor de água pelo método indireto, com um determinador de umidade universal, para o monitoramento do grau de umidade durante a secagem, e pelo método da estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, durante 24 horas (Brasil, 1992), para a determinação da curva de secagem. No mesmo intervalo de tempo, para determinação da temperatura da massa das sementes, foram coletadas amostras de sementes em três pontos, que estão representados na Figura 1, onde o [1] aponta para o topo do secador com sementes, o [2] destaca a entrada do ar quente na câmara superior, e o [3] indica o início da câmara inferior, do lado oposto à entrada de ar, que foi mantida fechada. Assim, a temperatura da massa de sementes foi determinada com

termômetros de mercúrio inseridos em nove caixas de “isopor” tampadas, contendo as amostras de sementes.

Destinadas à avaliação das qualidades fisiológica e industrial, foram retiradas quatro amostras contínuas, nas amostragens relativas aos tratamentos T_0 , T_1 , T_2 e T_3 , na descarga das sementes (transportador vibratório) do secador (ponto [4] na Figura 1). Cada unidade foi constituída por quatro amostras simples, pesando cada uma aproximadamente 500g.

Os tratamentos foram constituídos de:

- Tratamento T_0 – secagem em estufa, sem ventilação forçada, a temperatura constante de 38°C (testemunha);
- Tratamento T_1 – secagem intermitente a temperatura constante de 80°C por 90 minutos, seguida de secagem em estufa a temperatura constante de 38°C ;
- Tratamento T_2 – secagem intermitente por 120 minutos, a temperatura constante de 80°C , seguida da secagem em estufa a temperatura constante de 38°C ;
- Tratamento T_3 – secagem intermitente por 210 minutos, sendo 120 minutos a temperatura constante de 80°C e 90 minutos a temperatura decrescente em 10°C a cada 30 minutos.

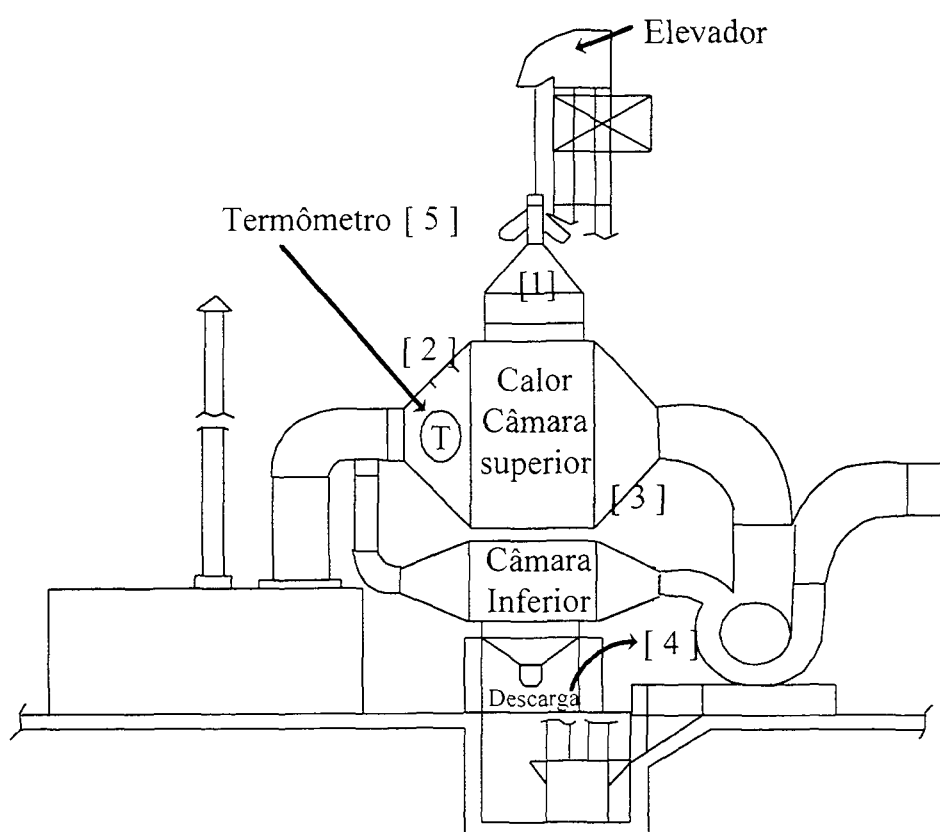


FIG. 1. Esquema do secador intermitente e dos pontos de amostragem.

Proveniente dos tratamentos T_0 , T_1 , T_2 e T_3 , cada amostra de sementes seca a 13%, pesando aproximadamente 2kg, foi repartida em três porções denominadas A, B e C. Os testes relativos à avaliação das qualidades fisiológica e industrial ao final da secagem (novembro/97) foram realizados com a porção A. A porção B foi armazenada em câmara fria e seca, com umidade relativa de 40% e temperatura de 15°C e ao término dos seis meses de armazenamento foi utilizada para a condução do teste de emergência em campo, relativo a época E0. A porção C, após acondicionada em embalagem de tecido de algodão e armazenada em sala, sob condições ambientais não controladas, foi empregada na execução dos testes referentes ao final do período de armazenamento de seis meses, em maio/1998.

Para a determinação do rendimento industrial, de acordo com Deane & Commers (1986) amostras da porção A de cada tratamento, pesando 50g de cada, foram beneficiadas, por 90 segundos, em um descascador de laboratório marca “Codema” modelo CLH1. A seguir, foram separadas manualmente e pesadas, em balança com 0,01g de precisão, as sementes não descascadas, as descascadas, as quebradas, as cascas e o pó. Os dados foram transformados em porcentagem.

Nas duas épocas de avaliação, as sementes foram submetidas aos seguintes testes:

Superação da dormência e teste de germinação – a superação foi realizada com o pré-esfriamento, por cinco dias, em refrigerador a 5°C (Brasil, 1992). Foram empregadas 200 sementes, divididas em quatro repetições iguais por amostra, semeadas em rolos de papel toalha e colocadas em sacos plásticos fechados. Após o período de frio, os rolos foram mantidos em um germinador, regulado a 20°C, dando continuidade ao teste de germinação, conforme Brasil (1992), onde permaneceram por mais sete dias, até ser realizada a contagem. A superação da dormência apenas foi realizada com as sementes da porção A.

Classificação do vigor da plântula – de acordo com Nakagawa (1994), conduzido juntamente com o teste de germinação, descrito no item superação da dormência e teste de germinação. No sétimo dia após a semeadura, foram separadas e contadas as plântulas normais de comprimento maior que 60mm, medindo-se da base do coleóptilo ao topo da folha primária. Os valores foram expressos em porcentagem de plântulas vigorosas.

Teste de envelhecimento artificial – realizado pelo método “gerbox”, utilizando-se 40 ml de água e sobrepondo bandejas de tela metálica em seu interior, onde foram distribuídas as sementes. As caixas tampadas, contendo as sementes, foram colocadas por 48 horas (Nakagawa et al., 1994), em germinador regulado a temperatura de 42°C e protegido da luminosidade, na parte dianteira e superior, com folha de plástico preto. Após este período foi

conduzido o teste de germinação, conforme foi descrito no item superação da dormência e teste de germinação.

Emergência das plântulas em campo – levado a efeito com 200 sementes, distribuídas em duas repetições iguais, constituídas por duas linhas de dois metros, com espaçamento de 30cm entre as linhas. A partir do 14º dia de semeadura, foram realizadas as leituras até a estabilização do número de plântulas emergidas no 23º dia.

Velocidade de emergência das plântulas – realizado em conjunto com o teste de emergência das plântulas em campo, expresso pelo índice, foi calculado por meio do somatório do número das plântulas emergidas em cada dia dividido pelo número de dias decorridos após a semeadura (Marcos Filho et al., 1987).

Os dados relativos aos testes utilizados para avaliação da qualidade fisiológica das sementes foram analisadas segundo um delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 2 (momentos de amostragens x épocas de avaliação), com quatro repetições. Para a análise estatística, os dados obtidos em percentagem, exceto o índice de velocidade de emergência, foram previamente transformados em $\arcsen(x.100^{-1})^{1/2}$. Para a comparação de médias foi empregado o teste de Tukey, ao nível de probabilidade de 5%. Os dados referentes às reduções do teor de água e à evolução das temperaturas das sementes foram submetidas à análise de regressão polinomial. Para os dados correspondentes à qualidade industrial dos grãos foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, considerando somente o fator momento de amostragem.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da elevação da temperatura da massa de sementes encontram-se na Tabela 1 e Figura 2. A temperatura da massa de sementes, indistintamente nos três pontos amostrados, se eleva, acompanhando a evolução do processo de secagem e só diminui após a redução da temperatura. Isto deve-se ao fato do processo de secagem envolver, ao mesmo tempo, a troca de calor do ar por parte da água contida na semente, por meio de um fluxo de vapor de água (Villela & Peske, 1996). Mas, no presente trabalho há indicações que a transferência de calor do ar para a semente foi maior que o fluxo de vapor de água da semente para o ar, provocando aquecimento na semente.

TABELA 1. Temperaturas do ar de secagem e da massa de sementes de aveia branca, e teores de água (U) durante a secagem intermitente.

Momento de amostragem	Tempo secagem (min)	Temperatura (°C)				U (%)
		Ar	⁽¹⁾ P1	P2	P3	
T ₀	000	80	26,0	26,0	26,0	24,8
	030	80	26,0	32,0	33,7	22,8
	060	80	26,0	39,7	37,3	21,7
T ₁	090	80	27,3	41,3	39,0	18,6
T ₂	120	80	28,7	45,0	42,7	16,8
	150	70	29,7	42,7	45,7	14,9
	180	60	33,0	41,7	51,3	13,0
T ₃	210	50	32,3	38,3	41,0	12,5
CV (%)	-	-	1,20	3,46	4,58	3,26

⁽¹⁾P1 = topo do secador; P2 = câmara superior; P3 = câmara inferior.

A temperatura das sementes, em todas as fases de secagem, foi inferior no topo do secador (P1) em relação aos demais pontos (P2 e P3), demonstrando que sofreram resfriamento na câmara de equalização e na movimentação pelo elevador, fato também verificado por Villela & Silva (1992) e Lima (1997), ao trabalharem com sementes de milho e arroz, respectivamente. Mas, Lacerda Filho et al. (1982) não obtiveram um padrão definido nas curvas de temperaturas quando trabalharam com arroz em um secador intermitente rápido. No início da câmara inferior, as sementes apresentavam, na maioria dos tratamentos, a temperatura mais elevada, fato também confirmado por Zhang & Lichtfield (1991), Silva Filho (1997) e Ahrens et al. (1998), sendo que a temperatura máxima observada foi de 51,3°C.

A curva de secagem foi representada por uma equação de primeiro grau (Figura 2), corroborando os resultados obtidos por Villela & Silva (1992), Motta (1997), Lima (1997) e Silva Filho (1997), na secagem intermitente de sementes de milho, arroz, arroz e trigo, respectivamente.

A velocidade média de secagem alcançada foi de 3,5 pontos percentuais por hora (pp.h⁻¹). Ahrens & Villela (1996) e Lima (1997) na secagem de sementes de tremço e arroz, respectivamente obtiveram 2,7 pp.h⁻¹ e 2,8 pp.h⁻¹.

Na secagem de sementes de trigo, empregando a temperatura do ar de 80°C, em um modelo semelhante de secador, Silva Filho (1997) obteve uma velocidade de secagem de 1,3 pp.h⁻¹. Corroborando com tais resultados, a Nova Scotia Grain and Forage Commission Act (1999) estipula um custo da secagem para o trigo 1,7 vezes superior que para a aveia, entre os teores de água de 14,1 e 15,5%, em função de uma maior demora na secagem do trigo em relação à aveia.

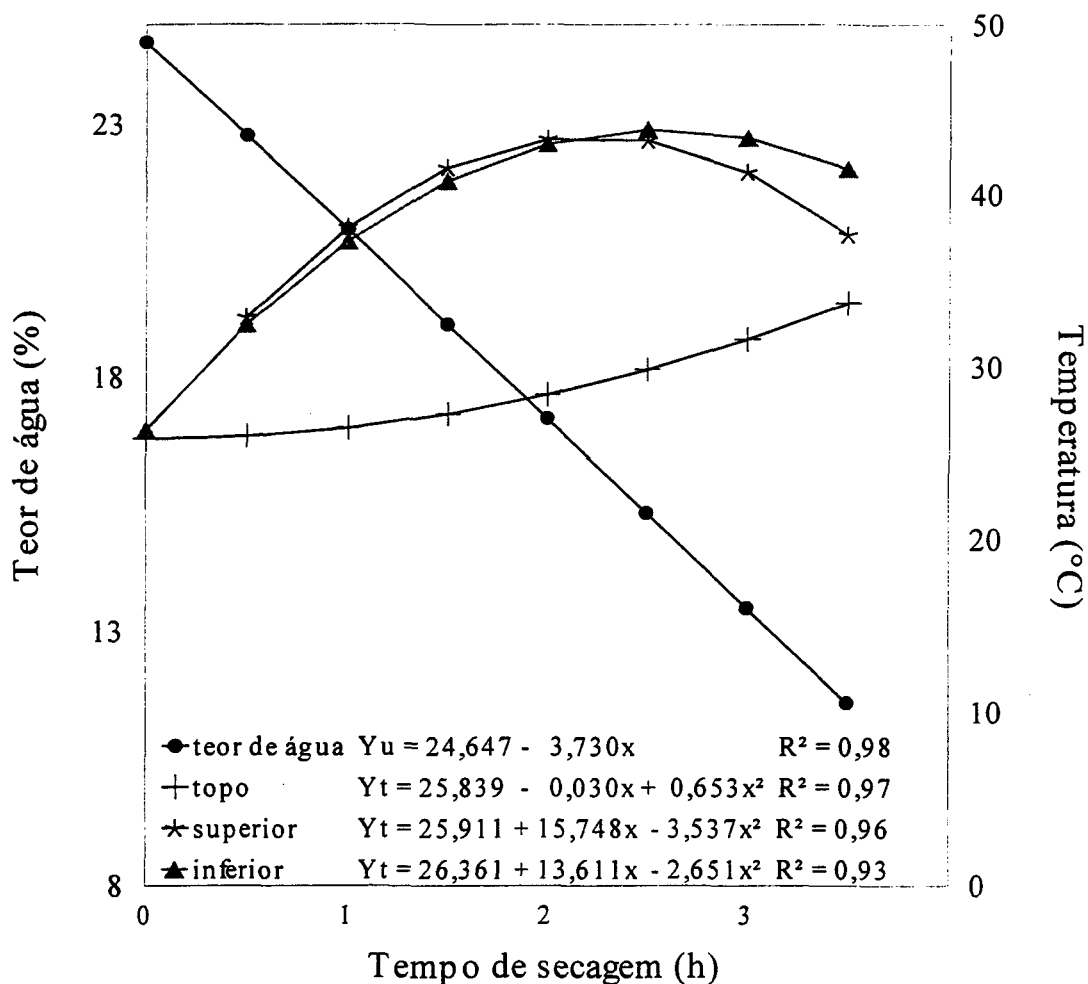


FIG. 2. Curvas representando o comportamento do teor de água (Y_u) e das temperaturas da massa (Y_t) de sementes de aveia branca, em função do tempo, na secagem intermitente.

Os resultados da avaliação da qualidade industrial não apresentaram diferenças significativas (Tabela 2), contrariando as informações de Brooker et al. (1992), ao afirmarem que elevadas velocidades ou altas temperaturas de secagem podem causar danos físicos e químicos às sementes. O percentual de grãos quebrados, embora não tenha sido significativo, superou os 2% permitidos pela empresa SL Alimentos, sinaliza que as altas temperaturas iniciais podem prejudicar a qualidade industrial. Cavariani (1983), trabalhando com temperaturas de 90°C na massa de ar, na secagem pelo processo intermitente rápido, observou que a percentagem de tegumentos rachados de soja foram três vezes superiores à testemunha. Mas o percentual de grãos descascados foi superior ao valor mínimo de 65%, exigido na comercialização de aveia branca (Tamaki¹⁴).

¹⁴ TAMAKI, S.M. Informações pessoais sobre metodologia empregada e padrões na empresa SL Alimentos, 1998.

Nota-se que os resultados encontrados concordam com os obtidos por Silva Filho (1997) que não observou diferenças significativas na qualidade industrial de trigo submetido ao processo de secagem em altas temperaturas.

TABELA 2. Qualidade industrial (rendimento, percentual de quebrados e não descascados) de grãos de aveia branca, submetidos à secagem intermitente.

Momentos de amostragem	Rendimento (%)	Quebrados (%)	Não descascados (%)
T ₀	65,9	1,7	0,7
T ₁	66,3	1,5	1,1
T ₂	65,3	2,2	0,2
T ₃	66,0	2,2	0,3
Média	65,9	1,9	0,6
CV (%)	1,21	20,42	32,11

Conforme os dados da Tabela 3, a germinação das sementes de aveia branca não apresentou alterações significativas logo após o processo de secagem, empregando temperatura do ar inicial de 80°C, mas reduziu-se significativamente após o armazenamento, quando se compara a testemunha (T₀) e a secagem final (T₃). Rangel et al. (1997) não observaram efeitos imediatos na secagem de sementes de arroz a 70°C, em secador intermitente. Entretanto, Motta (1997) obteve reduções na germinação durante a secagem contínua de sementes de arroz com a temperatura de 70/60°C e 42°C, no ar de secagem e na massa de sementes, respectivamente.

TABELA 3. Dados médios de germinação de sementes de aveia branca submetidas à secagem intermitente, imediatamente após a secagem (E0) e aos seis meses de armazenamento (E1).

Momentos de amostragem	Germinação (%)		
	E0	E1	Média
T ₀	90 A a	91 A a	91
T ₁	91 A a	87 A ab	89
T ₂	91 A a	84 B ab	88
T ₃	91 A a	79 B b	85
Média	90	85	-
CV (%)			4,8

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As sementes submetidas aos tratamentos T_2 e T_3 mostraram reduções no potencial de germinação, entre as duas épocas de avaliação, demonstrando possíveis efeitos latentes da secagem.

O vigor, avaliado pelo teste de classificação do vigor da plântula, não mostrou alterações significativas decorrentes do processo de secagem, nem mesmo após o armazenamento, como pode ser observado na Tabela 4. Talvez o teste não tenha sido suficientemente sensível para detectar danos causados por esse tipo de secagem.

O teste de envelhecimento artificial indicou reduções significativas durante a secagem, bem como danos latentes, após seis meses de armazenamento (Tabela 4). Rangel et al. (1997), utilizando sementes de arroz, não observaram efeitos prejudiciais logo após a secagem.

TABELA 4. Dados médios da classificação do vigor da plântula (%) e de envelhecimento artificial (%) de sementes de aveia branca submetidas à secagem intermitente, após a secagem (E0) e aos seis meses de armazenamento (E1).

Momentos de amostragem	Classificação do vigor da plântula (%)			Envelhecimento artificial (%)		
	E0	E1	Média	E0	E1	Média
T_0	65	66	66	82 A a	84 A a	83
T_1	66	63	64	68 B b	77 A a	72
T_2	60	56	58	67 A b	70 A b	68
T_3	65	60	62	67 A b	67 A c	67
Média	64	61		71	74	
CV (%)			10,2			4,9

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os resultados do teste de emergência em campo, na Tabela 5, não mostraram alterações significativas do vigor das sementes logo após a secagem. Rangel et al. (1997) e Silva Filho (1997) não encontraram diferenças significativas nos diferentes tratamentos de secagem de sementes de arroz e trigo, respectivamente, quando empregaram o teste de emergência em campo. Mas, Motta (1997) obteve reduções significativas na emergência em campo de sementes de arroz, quando empregou a secagem contínua com a temperatura do ar a 70/60°C. No presente trabalho, na época E1, entretanto, constatou-se danos latentes de secagem, pois observou-se diferenças significativas entre os valores encontrados, tanto entre épocas, como entre tratamentos, após seis meses de armazenamento. Na Tabela 5, podem ser constatados valores de 80% de emergência em campo já em T_1 , embora a temperatura da massa de sementes tenha atingido no máximo 41,3°C (ponto P2 na Tabela 1).

Observou-se que o vigor das sementes, avaliado pelo índice de velocidade de emergência (Tabela 5), mostrou valor inferior apenas para o tratamento T_0 , na primeira época de avaliação, não permitindo a identificação de diferenças entre os tratamentos.

TABELA 5. Dados médios da emergência das plântulas em campo (%) e do índice de velocidade da emergência das plântulas, de sementes de aveia branca submetidas à secagem intermitente, imediatamente a secagem (E0) e após seis meses de armazenamento (E1).

Momentos de amostragem	Emergência em campo (%)			Índice de velocidade de emergência		
	E0	E1	Média	E0	E1	Média
T_0	83 B a	89 A a	86	19,9 B b	21,6 Aa	20,8
T_1	88 A a	80 B b	84	22,3 Aa	21,1 Aa	21,7
T_2	84 A a	81 A b	82	21,0 Aa	20,1 Aa	20,6
T_3	84 A a	78 B b	81	20,8 Aa	20,0 Aa	20,4
Média	85	82		21,0	20,7	
CV (%)			4,2			4,9

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Embora a temperatura da massa de sementes tenha sido inferior a 40°C (Tabela 1), a ação concomitante do período que as sementes permaneceram em altas temperaturas do ar (80°C) e altos teores de água (24,8%, 22,8% e 21,7%) proporcionaram danos às sementes. O vigor das sementes no tratamento T_1 foi significativamente inferior à T_0 , para o envelhecimento artificial, logo após a secagem e a partir de T_2 após o armazenamento. Lima (1997) observou reduções no vigor de sementes de arroz, apenas a partir de 150 min de secagem, quando o teor de água alcançou 14,1%, a temperatura das sementes atingiu 46°C e a do ar de secagem 80°C/60°C, nas câmaras superior e inferior de secagem, respectivamente. Contudo, Motta (1997) não constatou diferenças significativas no vigor, pelo teste de envelhecimento artificial em sementes de arroz, na temperatura máxima da massa de sementes em 42°C.

Ainda com relação aos dados de temperatura da massa de sementes da Tabela 1, verificou-se, nos tratamentos T_2 e T_3 , que as sementes alcançaram temperaturas máximas de 45,0°C e 51,3°C, que associados a fluxos de ar elevados (característica dos secadores intermitentes), determinaram elevada velocidade média de secagem (3,5 pp.h⁻¹). Considerando esse fato e comparando os dados de germinação (Tabela 3) e de envelhecimento artificial (Tabela 4) com os de emergência das plântulas em campo (Tabela 5), observou-se que as sementes dos tratamentos T_2 e T_3 apresentaram desempenho fisiológico inferior em relação as do tratamento T_1 . Assim, deve-se destacar a possível influência exercida pela interdependência

entre a temperatura de secagem, tempo de exposição e fluxo de ar sobre a velocidade de secagem, podendo causar danos à qualidade de sementes na secagem.

4.6 CONCLUSÕES

A análise e a interpretação dos resultados permitem concluir que:

- Temperaturas do ar de 80°C no início do processo de secagem não afetam a germinação e a qualidade industrial de sementes de aveia branca imediatamente após a secagem;
- Temperaturas do ar de 80°C no início do processo de secagem proporcionam danos latentes à qualidade fisiológica das sementes de aveia branca;
- A curva de secagem pode ser expressa por uma função linear, na secagem intermitente.

4.7 REFERÊNCIAS

- AHRENS, D.C.; BARROS, A.S.R.; VILLELA, F. A. & LIMA, D. Qualidade de sementes de milho (*Zea mays* L.) sob condições de secagem intermitente. **Scientia Agricola**, Piracicaba. v.55, n.2, p.320-325, 1998.
- AHRENS, D.C. & LOLLATO, M.A. Eficiência de secadores estacionários de fluxo radial e intermitente rápido: efeitos sobre a qualidade de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília. v.19, n.1, p.28-33, 1997.
- AHRENS, D.C. & VILLELA, F.A. Secagem intermitente e seus efeitos na qualidade fisiológica de sementes de tremoço azul. **Scientia Agricola**, Piracicaba. v. 53, n. 2/3, p. 309-315, 1996.
- BEWLEY, J.D. & BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 1994. 367p.
- BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para Análise de Sementes** Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365 p.
- BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W. & HALL, C.W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. Westport: AVI, 1992. 450p.
- CAVARIANI, C. **Efeitos da secagem intermitente sobre a qualidade da semente de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Pelotas: Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” da Universidade Federal de Pelotas, 1983. 94p. (Tese Mestrado).

- DEANE, D. & COMMERS, E. Oat cleaning and processing. In: SCHRICKEL, D.J (ed.). **Oats: chemistry and technology**. St. Paul: American Assoc. of Cereal Chemistry, 1986. p.371-412.
- EKSTRAND, B.; GANGBY, I. & AKESSON, G. Lipase activity in oat - distribution, pH dependence, and heat inactivation. **Cereal Chemistry**, v.69, n.4, p.379-381, 1992.
- LACERDA FILHO, A.F.; QUEIROZ, D.M. & ROA, G. Avaliação experimental de secador comercial intermitente de arroz. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa. v.7, n.1, p.39-49, 1982.
- LIMA, D. **Influência da alta temperatura de secagem em sementes de arroz**. Pelotas: Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel" da Universidade Federal de Pelotas, 1997. 92p. (Tese Doutorado).
- LUPANO, C.E. & AÑÓN, C.E. Denaturation of wheat germ protein during drying. **Cereal Chemistry**, v.63, n.3, 259-262, 1986.
- MARCOS FILHO, J.; CICERO, S.M. & SILVA, W.R. Testes de vigor. In: **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. p.149-201.
- MOTTA, W.A. **Adaptação do método contínuo de secagem para sementes de arroz**. Pelotas: Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel" da Universidade Federal de Pelotas, 1997. 58p. (Tese Mestrado).
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIERA, R.D. & CARVALHO, N.M. (ed.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.49-85.
- NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. & MACHADO, J.R. Maturação de sementes de aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.). I. Maturidade do campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v.29, n.2, p.315-326, 1994.
- NOVA SCOTIA GRAIN AND FORAGE COMMISSION ACT. **Rates charged for drying, storage, grading and handling of grain regulations**. Disponível: <http://www.gov.ns.ca/just/regulations/regs/GFCrates.htm>, capturado em 01/08/1999.
- RANGEL, M.A.; ZIMMER, G.J. & VILLELA, F.A. Secagem estacionária de sementes de arroz com ar ambiente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v.32, n.10, p.1081-1090, 1997.
- SILVA FILHO, P.M. **Processo de secagem, desempenho da semente e qualidade industrial do trigo**. Pelotas: Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel" da Universidade Federal de Pelotas, 1997. 64p. (Tese Doutorado).
- SZAMREY, R. & BURACZEWSKA, L. Effect of cereal grain drying in the Van den Broek dryer on nutritive value of grain protein. **Animal Science**, v. 105, n.1/2 p. 59-70, 1989.

- VILLELA, F.A. & PESKE, S.T. Secagem e beneficiamento de sementes de arroz irrigado. In: PESKE, S.T.; NEDEL, J.L. & BARROS, A.C.S.A. (ed.). **Produção de arroz**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 1996. p.435-473.
- VILLELA, F.A. & SILVA, W.R. Curvas de secagem de milho utilizando o método intermitente. **Scientia Agrícola**, Piracicaba. v.49, n.1, p.145-153, 1992.
- ZHANG, Q. & LITCHFIELD, J.B. Corn quality distribution within a continuous crossflow dryer. **Transaction of ASAE**, St. Joseph. v.34, n.6, 1991.

5 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Na secagem estacionária, sem fluxo de ar, com a remoção lenta de água, verificou-se que temperaturas do ar de até 55°C podem ser empregadas, sem comprometer a qualidade fisiológica das sementes de aveia branca. Da primeira para a segunda época de avaliação detectou-se reduções significativas no vigor, nas temperaturas de 60°C e 67°C, sendo possível atribuir esta ocorrência aos danos latentes do processo de secagem. Desenvolvido para regiões de clima seco e frio na época de colheita e de armazenamento, o paradigma de Harrington (1959¹⁵), segundo o qual as sementes com teores de água superiores a 18% devem ser secas apenas a 32°C, precisa ser revisto a partir dos resultados aqui encontrados.

Na secagem intermitente, empregando-se temperaturas iniciais baixas e elevação gradativa, por 90 minutos, até 80°C, quando a massa de sementes alcançou a temperatura máxima de 42,3°C e o teor de água de 20,4%. Mesmo a velocidade média de secagem alcançando 2,8 pontos percentuais por hora, a temperatura da massa de sementes atingindo 45,6°C e teor de água de 15,1%, não foram constatados danos imediatos à qualidade fisiológica das sementes de aveia branca.

Na secagem intermitente, iniciada com temperatura do ar de secagem em 80°C e teor de água inicial das sementes de 24,8%, observou-se que, após 90 minutos de secagem a 80°C, a temperatura na massa de sementes de aveia branca era de 41,3°C e o teor de água atingiu 18,6%, condições que, combinadas com elevados fluxos de ar, favoreceram a ocorrência de danos significativos à qualidade fisiológica.

Na secagem, Villela & Silva (1991¹⁶) defendem que a qualidade da semente seria prejudicada pela temperatura alcançada pela massa de semente e o tempo de exposição. Por outro lado, a rápida migração da água do interior da semente para a superfície, associada a uma elevada taxa de evaporação, determinou uma elevada velocidade de secagem, que pode causar danos à qualidade fisiológica, proporcionado por um elevado fluxo de ar, presente no processo de secagem intermitente. Assim, no processo de secagem é importante o acompanhamento da evolução da temperatura e do teor de água da massa de sementes, bem como estar atento com temperaturas mais elevadas, quando as sementes estiverem com altos teores de água.

¹⁵ HARRINGTON, J.F. Drying, storing and packaging seed to maintain germination and vigor. In: SHORT COURSE FOR SEEDSMEN, 1959. **Proceedings**. Mississippi State University, 1959. p. 89-107.

¹⁶ VILLELA, F.A. & SILVA, W.R. Efeitos da secagem intermitente sobre a qualidade de sementes de milho. **ANAIS ESALQ**, Piracicaba. v. 48, p. 185-209, 1991.

Considerando os resultados alcançados, constatou-se a viabilidade da semente de aveia branca atingir temperaturas superiores aos limites indicados pela bibliografia especializada, dependendo do método e das condições de secagem.

A reunião das informações obtidas possibilitaram observar que, na secagem em alta temperatura, com a utilização de elevados fluxos de ar, sementes de aveia branca mais úmidas necessitam de aquecimento gradual, não obstante possam atingir temperaturas superiores a 43°C durante o processo. Além disso, deve ser considerada a influência exercida pela interação entre o teor de água e a temperatura da semente, período de exposição e fluxo de ar no processo de secagem, sobre a qualidade fisiológica da semente. Ao final da secagem a temperatura da semente tende a sofrer elevação, podendo ser afetada negativamente a sua qualidade, portanto sendo recomendável a redução gradativa da temperatura do ar de secagem.

Como sugestão recomenda-se a realização de novos estudos utilizando sementes de aveia branca:

- a) secagem estacionária com diferentes temperaturas e fluxos do ar de secagem;
- b) secagem intermitente com altas temperaturas iniciais do ar de secagem e fluxos de ar variáveis;
- c) avaliação da associação entre velocidade de secagem, faixa de teor de água na semente e qualidade fisiológica da semente.